

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**A IMPORTÂNCIA DO CORE NA FUNCIONALIDADE DE**  
**JOVENS ADULTOS**

**MARTA SILVA SANTOS**

**São Cristóvão**

**2018**



# **A IMPORTÂNCIA DO CORE NA FUNCIONALIDADE DE JOVENS ADULTOS**

**MARTA SILVA SANTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof.Dr. Marzo Edir Da Silva Grigoletto

**São Cristóvão**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Santos, Marta Silva

S237e A importância do core na funcionalidade de jovens adultos / Marta Silva Santos ; orientador Marzo Edir da Silva Grigoletto. – São Cristóvão, 2018.

102 f. : il.

Dissertação (mestrado em Educação Física) – Universidade Federal de Sergipe, 2018.

1. Educação física. 2. Pelve - estabilidade. 3. Dor lombar. 4. Exercícios terapêuticos. 4. Treinamento. I. Grigoletto, Marzo Edir da Silva, orient. II. Título.

CDU 796:616.711-053.81

Folha de Aprovação

MARTA SILVA SANTOS

A IMPORTÂNCIA DO CORE NA FUNCIONALIDADE DE  
JOVENS ADULTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Aprovada em \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Marzo Edir Da Silva Grigoletto

\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Marcelo Mendonça Mota

\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Rogerio Brandão Wichi

*Dedico esta dissertação  
àqueles que me dão  
constantemente apoio  
incondicional: Meu Deus, minha  
família, orientador, namorado e  
amigos.*

## RESUMO

Nos últimos anos a comunidade científica tem destacado a importância do *core* tanto no contexto esportivo, quanto na reabilitação. O *core* é uma zona do corpo, responsável por gerar força do centro e dissipá-la para as extremidades. Nessa perspectiva, tem sido utilizado exercícios específicos para essa zona no treinamento funcional, com o intuito de promover melhorias na *performance* funcional e do *core*. No entanto, não está claro em que magnitude o *core* realmente participa da realização de ações funcionais em jovens adultos e ainda se a inclusão de exercícios físicos específicos para o *core* no treinamento funcional provoca adaptações funcionais mais acentuadas do que quando não ocorre essa inclusão. Sendo assim, os objetivos da presente dissertação foram: I) Analisar a associação entre a *endurance* do *core* e medidas de *performance* funcional em indivíduos jovens. II). Analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento específico do *core* e treinamento funcional, com e sem a inclusão de exercícios específicos do *core*, sobre a *performance* do *core* e a *performance* em testes funcionais. Esta dissertação foi composta por três estudos: Um estudo de protocolo/ *trial* (Estudo I), transversal (Estudo II) e experimental (Estudo III). Participaram da amostra dos estudos, indivíduos jovens e saudáveis, classificados como insuficientemente ativos pelo Questionário Internacional de Atividade Física. No estudo II foi realizado uma regressão linear múltipla com o intuito de explicar em que magnitude a *endurance* do *core* contribui para a realização de testes funcionais. Os achados desse estudo demonstraram que há uma participação da *endurance* do *core* que varia entre 1,4 e 46,9 % a depender do teste funcional executado. Ademais, a maioria dessas interações foram estatisticamente significativas. Já no estudo III, os participantes foram alocados em três grupos de intervenção: Treinamento Funcional com *core*, que realizava exercícios globais além de exercícios específicos para o *core*; Treinamento funcional, que executava apenas exercícios globais de caráter funcional; e Treinamento do *core*, que executava apenas exercícios que provocassem maior ativação na musculatura do *core*. Após 12 semanas de treinamento, todos os grupos melhoraram de maneira significativa tanto na *performance* funcional quanto do *core*, entretanto não houveram diferenças significativas entre eles. Assim, conclui-se que a *endurance* do *core* é importante para a funcionalidade de jovens adultos e que, quando incluído exercícios específicos para o *core* no treinamento funcional, os ganhos referentes à *performance* funcional e do *core* são potencializados.

**Palavras- chave:** Estabilidade lombo-pélvica; Força do tronco; Treinamento multicomponente; Dor lombar crônica.

## **ABSTRACT**

In recent years, the scientific community has emphasized the importance of the core both in the sports context and in rehabilitation. The core is an area of the body, responsible for generating force from the center and dissipating it to the extremities. In this perspective, specific exercises have been used for this area in functional training, in order to promote improvements in functional and core performance. However, it is not clear in what magnitude the core actually participates in performing functional actions in young adults and yet whether the inclusion of core-specific physical exercises in functional training causes more pronounced functional adaptations than when this inclusion does not occur. Thus, the objectives of this dissertation were: I) To analyze the association between the endurance of the core and measures of functional performance in young individuals. II). To analyze the effects of 12 weeks of specific core training and functional training, with and without the inclusion of core-specific exercises, on core performance and performance in functional tests. This dissertation was composed of three studies: A study of protocol / trial (Study I), transversal (Study II) and experimental (Study III). Participating in the study sample were young and healthy individuals, classified as insufficiently active by the International Questionnaire of Physical Activity. In the study II a multiple linear regression was performed with the purpose of explaining in what magnitude the endurance of the core contributes to the performance of functional tests. The findings of this study showed that there is a participation of core endurance ranging from 1.4 to 46.9% depending on the functional test performed. In addition, most of these interactions were statistically significant. In study III, the participants were allocated to three intervention groups: Functional Training with core, which performed global exercises in addition to specific exercises for the core; Functional training, which performed only functional global exercises; and Core training, which performed only exercises that caused greater activation in the core muscles. After 12 weeks of training, all groups improved significantly in both functional and core performance, but there were no significant differences between them. Thus, it is concluded that the endurance of the core is important for the functionality of young adults and that when core-specific exercises are included in the functional training, the gains related to functional and core performance are enhanced.

**Keywords:** Lumbar-pelvic stability; Trunk strength; Multicomponent training; Chronic low back pain.

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **Estudo 1**

Figura 1 Delineamento do Estudo ..... 36

Figura 2 Organização das sessões de treinamento para os grupos Treinamento funcional com *core* e Treinamento funcional sem *core*. ..... 37

### **Estudo 3**

Figura 3. Diagrama de fluxo da participação do sujeito em todas as fases do estudo. .... 79



## LISTA DE TABELAS

### **Estudo 1**

Table 1. Core group training from the first to fourth week of intervention ..... 38

Table 2: Core group training from the fifth to the eighth week of intervention..... 39

Table 3: Core Group Training from the ninth to twelfth week of intervention ..... 40

Table 4: Intervention from the first to the fourth week for groups FT (Functional Training Group) and FTC (Functional Training+ Core Group) ..... 41

Table 5: Intervention from the Fifth to eighth week for groups FT (Functional Training Group) and FTC (Functional Training+ Core Group) ..... 42

Table 6: Intervention from the Ninth to the twelfth week for groups FT (Functional Training Group) and FTC (Functional ). ..... 43

### **Estudo 2**

Table 7: Valores descritivos das variáveis do core e performance funcional ..... 55

Table 8: Associação entre a endurance do core e as variáveis dependentes..... 56

Tabela 9: Associação entre a *endurance* do core e as variáveis dependentes de força dinâmica máxima e potência. .... 57

### **Estudo 3**

Tabela 10. Caracterização antropométrica da amostra no momento Pré ..... 80

Tabela 11. Comparação de média entre os grupos, nos distintos momentos de avaliação para as variáveis de *performance* do *core*.....82

Tabela 12. Comparação de média entre os grupos, nos distintos momentos de avaliação para as variáveis de *performance* funcional.....83

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO GERAL .....	14
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4. ESTUDO I: ARE CORE EXERCISES IMPORTANT TO FUNCTIONAL TRAINING PROTOCOLS? .....	15
4.1 INTRODUCTION .....	19
4.2 METHOD .....	20
4.3 RESULTS/DISCUSSION .....	30
4.4 CONCLUSION .....	31
4.5 REFERENCES .....	32
5. ESTUDO II: A INFLUÊNCIA DA <i>ENDURANCE</i> DO CORE NA FUNCIONALIDADE DE JOVENS ADULTOS .....	44
5.1 INTRODUÇÃO .....	46
5.2 MÉTODOS .....	47
5.3 RESULTADOS .....	49
5.4 DISCUSSÃO .....	49
5.5 CONCLUSÃO .....	54
5.6 APLICAÇÕES PRÁTICAS .....	54
5.7 REFERÊNCIAS .....	58
6. ESTUDO III: É IMPORTANTE INCLUIR EXERCÍCIOS ESPECÍFICOS DO CORE NO TREINAMENTO FUNCIONAL? UM ESTUDO RANDOMIZADO E CONTROLADO .....	61
RESUMO .....	62
6.1 INTRODUÇÃO .....	63
6.2 MÉTODOS .....	64
6.3 RESULTADOS .....	70
6.4 DISCUSSÃO .....	70
6.5 CONCLUSÃO .....	78
6.7 APLICAÇÕES PRÁTICAS .....	78
6.8 REFERÊNCIAS .....	85
7. CONCLUSÃO GERAL .....	89

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 80, estudos têm sido publicados na perspectiva de estudar a coluna, a qual constitui o principal eixo do corpo. Aspectos voltados ao seu funcionamento, biomecânica, estabilidade e interações sinérgicas da musculatura que a envolve(1). Segundo Panjabi(2, 3) para que a coluna esteja estável, é necessário que haja a interação entre três subsistemas: o ativo, composto pelos músculos, o passivo que inclui os ossos, tendões, ligamentos e por fim o subsistema neural que corresponde ao sistema nervoso central. Cada subsistema desempenha um papel crucial para manutenção da sua estabilidade.

No subsistema passivo os proprioceptores localizados nos ligamentos da coluna desenvolvem uma tensão importante para resistir a determinado movimento, isso ocorre através do mecanismo de feedback sensorial. Apesar de essa tensão exercida ser consideravelmente pouca, cerca de 90 N (9,2 Kg), ela é necessária para informar ao subsistema neural (sistema nervoso central) que está ocorrendo o fim da Zona neutra (ausência de resistência passiva dos discos intervertebrais e ligamentos à movimentação), que é necessária uma magnitude de ativação maior dos músculos (sistema ativo), para resistir ao movimento(1-4) Sendo assim, há uma ação integrada entre os sistemas, que por sua vez ocorre de forma dinâmica e contínua(5).

Bergmarck(1) dividiu os músculos do tronco em locais e globais. Os primeiros são músculos pequenos e profundos cuja função é estabilizar o esqueleto axial exemplos de músculos locais são: multífidos, rotadores, interspinhais, intertransversais, transversos do abdômen, oblíquo interno e quadrado lombar. Os globais, são compostos por músculos maiores e superficiais, agindo como motores principais das ações dinâmicas e fornecendo *stiffness* segmentar. Esses músculos podem ser divididos em dois, os que estão localizados no esqueleto axial (oblíquo externo, reto abdominal e eretores da espinha), e os que interligam os músculos do tronco (esqueleto axial) as extremidades superiores e inferiores por meio da cintura escapular e pélvica

respectivamente. Estes transferem forças através de sua ligação entre os músculos do tronco (esqueleto axial) e as extremidades.

Estudos clássicos de Richardson e Hodges(6-8) mostraram que os músculos estabilizadores do tronco (transverso e multífidos) se ativavam previamente aos músculos envolvidos em movimentos de membros superiores e inferiores e que essa ativação ocorre de forma tardia em indivíduos que possuíam dor lombar crônica.

A partir desse achado, somado as teorias às teorias de Bergmarck (1), acreditou-se que havia uma produção de força do centro, e que essa era transferida para as extremidades. Assim, o conceito de tronco foi ampliado para o que hoje é denominado de *core*. Na perspectiva da reabilitação Willson et al.(9) afirmam que a estabilidade do *core* é composta pelo complexo quadril lumbo-pelvico, controlado pelos tecidos ativos e neurais, tendo como principal papel restringir ou produzir a movimentação dos segmentos corporais. Essa definição foi ampliada no contexto do rendimento esportivo(10), em que o *core* também é responsável pela transferência e impulso de força para o esqueleto apendicular, com o objetivo de otimizar atividades esportivas. Recentemente, Vera-Garcia e colaboradores(5) dissertaram uma revisão sobre a definição de estabilidade do *core*. Segundo os autores a estabilidade do *core* é a capacidade de estruturas musculares e osteoarticulares, coordenadas pelo subsistema neural para retornar ou manter uma trajetória ou posição do tronco, ante a perturbações externas ou internas.

Por vezes o conceito de estabilidade do *core* é confundido com o de força (*core Strength*), embora estejam relacionados, não devem ser utilizados como sinônimos, por diferirem entre si(5). Segundo Reed et al.(11), a força do *core* é a capacidade dos músculos que o compõem de manter ou gerar a produção de força. Dado esse esclarecimento sobre a definição da estabilidade do *core*, existem diversos parâmetros que podem ser avaliados, tais como: força isométrica máxima, potência, resistência/*endurance* e estabilidade. Apesar das formas de avaliação do *core* terem evoluído ao longo dos anos, com testes de campo e biomecânicos, pouco se sabe em relação à associação dessas variáveis com a funcionalidade de indivíduos não atletas e que não possuem dor lombar

crônica. Ou seja, em que magnitude o *core* pode influenciar na realização de uma atividade da vida diária do indivíduo, como sentar e levantar de uma cadeira.

Ademais, dado esse entendimento da comunidade científica acerca da importância do *core* no contexto da reabilitação e da performance esportiva, alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de propor exercícios com distintas progressões para treinar o *core*. Esses exercícios também têm sido incluídos ao final da sessão de treinamento funcional, caracterizado por serem multiarticulares e priorizam a funcionalidade. Entretanto, não estão claros os efeitos advindos da inclusão desses exercícios no treinamento funcional, ou ainda do treinamento específico do *core* sobre a funcionalidade.

### **O core**

Segundo Panjabi (2, 3), o tronco é formado pelos subsistemas passivo, ativo e neural. O primeiro compreende os ossos e ligamentos, já o subsistema ativo é composto por tendões e músculos. Ambos subsistemas são coordenados pelo subsistema neural (sistema nervoso central). Em uma perspectiva ampla, Kibler (10) estendeu o conceito do tronco ao que hoje a comunidade científica denomina de *core/zona média*- complexo responsável por responder a estímulos de origem interna e externa através da união dos subsistemas passivo ativo e neural. O principal papel do *core* é manter ou reposicionar o alinhamento do tronco sobre a pelve(12), de forma que haja um controle da amplitude de movimento articular intervertebral a fim de permitir o desempenho das atividades da vida diária(9) ou esportiva(10). Segundo Vera Garcia e colaboradores(5), esse papel funcional da zona média, corresponde ao conceito de estabilidade do *core*.

Desta maneira, o *core* compreende estruturas osteoarticulares e musculares localizadas no centro no corpo(13). Para alguns autores a musculatura *core* é formada apenas pelos músculos flexores, extensores, rotadores e flexores laterais da coluna (9, 14). Em um conceito anatômico mais amplo, são incluídos os músculos que estão localizados entre a cinturas escapular e pélvica(10). Isso pode ser justificado pelo fato do alinhamento da coluna ser influenciado pelo posicionamento da pelve, e portanto, a pelve é responsável por modular a atividade muscular do tronco(12). Outra justificativa é

que há uma sinergia muscular entre o tronco e os flexores do quadril (15, 16) e músculos da cintura escapular(17). Nessa perspectiva, o presente artigo favorece a última abordagem, assim como uma recente revisão publicada por Wirth e colaboradores(12).

### **Avaliação da força e estabilidade do core**

Não apenas qual musculatura compõe o *core*, como os conceitos relacionados a sua estabilidade e força apresentam divergências na literatura científica, sendo inclusive utilizados como sinônimo(5). Entretanto, a estabilidade diz respeito à interação entre os subsistemas passivo (ossos e ligamentos), ativo (musculatura e tendões) e neural (sistema nervoso central) (2, 3). No sistema passivo, a coluna constitui o principal eixo de sustentação do corpo e seus ligamentos desempenham um importante papel sinalizador da sobrecarga imposta sobre a mesma (2-4). Por outro lado, a estabilização do *core* também é influenciada pela força muscular, ou seja pela capacidade de ativação e potencial contrátil (massa muscular) do subsistema ativo (11, 12).

Cabe salientar que, não apenas é importante o potencial de contração total de um músculo ou de vários músculos, mas como esses são ativados adequadamente, de uma forma específica às tarefas (da vida diária ou esportiva), o que é chamado de coordenação inter e intra-muscular (12). Esse controle por sua vez, é realizado pelo sistema nervoso central (SNC), por mecanismos de *feedback* e *feedforward*. Portanto, a força do *core* diz respeito a capacidade muscular, e a sua estabilidade é a capacidade de estruturas osteoarticulares coordenadas por um sistema de controle neuromotor de controlar a posição e trajetória do tronco ante a perturbações de origem interna e externa(5).

Assim, o *core* pode ser avaliado na perspectiva da sua estabilidade ou força muscular. Em relação á estabilidade, dois tipos de testes biomecânicos tem sido utilizados: Os que medem a capacidade do *core* em manter determinada posição e os que avaliam como esta zona média reage a um estímulo externo.

Desta maneira, para avaliarmos a estabilidade mecânica do *core* são aplicadas perturbações ou cargas e é observada a capacidade dessa estrutura em manter ou em retornar uma determinada posição(18). Os métodos

biomecânicos que propõem medir a estabilidade do *core*, utilizam a aplicação de forças de forma controlada. Essas forças podem apresentar diferentes características como direção, magnitude e duração e são analisadas respostas do *core* mediante técnicas cinemáticas. Sendo assim, partindo da definição de estabilidade apresentada anteriormente, quanto menos se deslocar o tronco de sua posição ou trajetória e/ou mais rápido retomar a sua posição ante as forças aplicadas, maior será a estabilidade do *core*(5).

Nas perturbações unidirecionais, realizadas de forma súbita por meio de estímulos mecânicos, eletrônicos e/ou cinemáticos são aplicadas descargas que podem ser realizadas em diferentes sentidos (antero-posterior e látero -lateral) e direções (anterior, lateral e posterior), com os participantes em bipedação ou sedestação(5). A aplicação de descargas pode se dar de forma súbitas ou rápidas (*sudden unloading* o *quick release*) . As súbitas são forças de duração, sentido, direção magnitude e ponto de aplicação conhecidos e que se aplicam sobre o participantes de maneira súbita e controlada(18). Por outro lado nas descargas rápidas, é pedido que o participante exerça um nível determinado de força contra um cabo ancorado a um eletroímã. Após isso o cabo é liberado rapidamente para provocar um desequilíbrio no tronco(19, 20). Ambos os tipos de descargas podem ser realizadas avaliando o indivíduo após submetê-lo a uma pré- fadiga.

As variáveis mais utilizadas para quantificar a estabilidade do tronco por meio destes testes biomecânicos são a rigidez (*stiffness*) do tronco e o deslocamento do centro de gravidade (18, 21, 22), quanto maior a rigidez e menor o deslocamento ante as forças aplicadas, maior será a capacidade de estabilização do *core*(21, 23). Além disso, alguns estudos complementam essa análise utilizando eletromiografia, o que permite analisar as respostas musculares ante a essas perturbações, principalmente no que se refere à magnitude de ativação e latência(*time*) dos músculos do tronco(20, 21, 24).

Também é possível avaliar a estabilidade do *core* em relação à sua capacidade de manter determinada posição, através da aplicação de perturbações aplicadas de forma constante através do paradigma do assento instável (19, 25, 26). Nele o indivíduo senta-se (sedestação) sobre uma plataforma instável e esférica (raio e altura conhecidos) que é colocada sobre



uma plataforma de força, a partir disso é solicitada a realização de tarefas de diversas dificuldades. Quanto menor o raio da base instável, mais instável ela se torna e por consequência são executadas tarefas mais complexas(5). Neste tipo de avaliação é analisado o deslocamento do centro de pressão (com base nos cálculos obtidos através de uma plataforma de força), obtidos através da análise da flutuação do centro de gravidade do participante e a trajetória ou posição desejada. A partir da avaliação da instabilidade do *core* por meio do paradigma do assento instável, tem sido possível estabelecer relações entre déficits na estabilidade do tronco e enfermidades como síndrome da dor lombar(26), Parkinson(27) e escoliose idiopática(28).

Recentemente Butowicz e colaboradores(29) propuseram um teste de campo que obteve uma correlação moderada com o teste biomecânico do paradigma instável. Este teste de campo consistiu da permanência do indivíduo em uma posição de elevação pélvica unilateral. Não apenas foi contabilizado o tempo máximo que o avaliado conseguiu permanecer nesta posição, mas como o seu quadril se comportou ante a essa desestabilização. Assim, quando o sujeito teve o desalinhamento da pelve maior que 10° o teste foi interrompido.

Em relação ao parâmetro força do *core*, a avaliação isocinética mede o torque muscular a uma velocidade angular constante através de uma amplitude de movimento preestabelecida. Assim, é possível extrair dados como pico de torque excêntrico e concêntrico, trabalho total e potência média(30). Apesar de representar um instrumento padrão ouro (*gold standard*), sendo demonstrado boa confiabilidade, segue apresentando um alto custo e portanto a maioria dos laboratórios de pesquisa não tem acesso.

Nesse sentido, outras técnicas com menores custos têm sido propostas para medir a força do *core*. Estas podem ser subdivididas em medidas isométricos e dinâmicas. Em relação às dinâmicas, o *sit up test* constitui da realização de uma máxima flexão de quadril e tronco, em que é contabilizado o maior número de repetições em um determinado tempo, em geral um minuto(31).

Já o protocolo proposto por McGill(32), avalia de maneira estática a musculatura do *core* em quatro testes: flexão do tronco, extensão do tronco e

prancha lateral, em que o indivíduo é estimulado a manter-se na posição do teste o máximo de tempo possível. Inicialmente foi desenvolvido para avaliar déficits na musculatura de indivíduos com dor lombar, mas atualmente é utilizado para outras populações(33-36) e é capaz de discriminar efeitos advindos do treinamento(36). Tanto o *sit up test*, quanto os testes que compõem o protocolo de avaliação de McGill medem a capacidade de alguns músculos resistirem a fadiga muscular local em uma determinada ação, ou seja avalia a *endurance* do subsistema ativo do *core*.

### **A influência do core em distintas populações**

Não está comprovado se há uma relação entre todos os parâmetros do *core* e a funcionalidade. Ou seja, não está claro como os parâmetros do *core* podem influenciar em variáveis que representem a funcionalidade de um indivíduo, seja o mesmo atleta, idoso ou jovem. Esse entendimento faria com que a prescrição de treinamento do *core* atendesse as necessidades de cada uma dessas populações.

Dada a importância do *core* no contexto esportivo(37) e de reabilitação(9), autores têm buscado investigar a sua contribuição para o rendimento de tarefas esportivas(33, 34, 38), seja na perspectiva da estabilidade(25), ou da capacidade muscular(39, 40). Os estudos são contraditórios ao avaliarem a relação entre a *endurance* do *core* e *performance* atlética. Nesser e colaboradores(33) encontraram uma correlação moderada entre a *endurance* do *core* de jogadores de futebol e variáveis do desempenho esportivo como a velocidade, agilidade, potência de membros inferiores e o teste de uma repetição máxima no Power Clean, não obstante, essa relação não foi encontrada em atletas amadores(34). Tong et al(44)., mostraram recentemente que há uma associação entre a *endurance* do *core* e a economia de corrida (  $r^2 = 47,1\%$ ) além do teste de *1-hr treadmill run performance* (  $r^2 = 32,5\%$ ), em uma amostra de corredores amadores de longa distância. Entretanto os autores destacaram que é importante avaliar a musculatura do *core* sobre uma perspectiva funcional, ou seja, de forma semelhante a exigência do esporte.

Nesse sentido, alguns estudos tentaram estabelecer uma relação entre a força do *core*/ composição muscular dos músculos do tronco e a performance funcional, equilíbrio e risco de quedas em adultos mais velhos. Segundo o artigo de revisão publicado por Granacher et al. (42), os estudos transversais acerca dessa temática mostraram baixa, mas significativa relação entre essas variáveis.

Em um estudo mais recente, Sions e colaboradores(43), avaliaram o *core* sobre a perspectiva da saúde. Os autores compararam a área de secção transversa e o índice de gordura intramuscular de 102 idosos com e sem dor lombar crônica, por meio de ressonância magnética. Os autores encontraram que os idosos que apresentavam dor lombar crônica tinham maior índice de gordura intramuscular nos músculos multifídeos e uma menor área de secção transversa dos eretores da espinha, quando comparado com os que não possuíam a dor. Já Hahtahmassebi et al.(30), analisaram a influência da morfologia (área de secção transversa do músculo-CSA) e força (Neltons) do tronco sobre a habilidade funcional de idosos. Dentre os testes funcionais analisados, os resultados apontaram que os fatores idade, percentual de gordura, a CSA do músculo abdominal e a força total do tronco (flexores e extensores-neltons) explicam até 60% de testes funcionais como sentar e levantar da cadeira e caminhada de seis minutos.

Assim, esses estudos demonstram que distintas manifestações de força do *core* (máxima ou de *endurance*) podem influenciar de maneiras distintas na funcionalidade, a depender da população em questão. No que diz respeito à *endurance*, é sugerida a hipótese de que essa variável do *core* desempenha um papel fundamental para proporcionar maior estabilidade a zona média visto que no mínimo 10% da contração muscular máxima é necessária para manter a estabilização da coluna(44). Além disso, no dia- dia de um indivíduo não atleta, é necessário que os músculos do *core* mantenham uma ativação de maneira constante (*endurance*). Desta forma, poderia haver uma relação entre *endurance* do *core* e o rendimento em testes de caráter funcional (*performance* funcional, visto que a *endurance* proporcionaria uma melhora na estabilidade da zona média e por conseguinte uma otimização da cadeia cinética funcional (distribuição de força do *core* para as extremidades).

### ***Treinamento do core***

O treinamento do *core*, também denominado na comunidade científica de treinamento de estabilidade para o *core* ou de força para os músculos do tronco, tem sido utilizados em distintas populações, e seus efeitos sobre a funcionalidade têm sido estudado(45-49).

Dello Locomo et al.(47) aplicaram seis semanas de treinamento do *core* antes do treinamento específico/ desempenho de jogadores de futebol. Apenas o grupo que realizou o treinamento do *core* melhorou o pico de torque e esse aumento foi significativo quando comparado com o grupo controle, que realizou um aquecimento antes do treinamento de desempenho. Além disso, apesar de ambos os grupos terem diminuído a assimetria muscular do quadríceps e isquiotibiais (avaliado por dinamômetro isocinético), o grupo *core* melhorou de maneira significativa quando comparado com o controle.

Já Machado et al.(49), realizaram um estudo com jogadores de handebol e diferente do estudo anterior, ambos os grupos (controle e do *core*) realizavam aquecimento e logo em seguida o treinamento específico para o esporte. Assim, o volume de treinamento entre os grupos não foi equalizado, já que um grupo desses jogadores realizava entre 10-20 min de treinamento do *core* antes do aquecimento. Os resultados apontaram que houve melhoras significantes de até 5,16% da velocidade de lançamento, apenas para o grupo do *core*.

Assim, o *core* é considerado um link cinético que facilita a transferência de torques e momentos angulares entre as extremidades durante a execução de movimentos de todo o corpo(50). Isso pode explicar o porquê do treinamento do *core* influenciar em variáveis que expressam a performance atlética, como a exemplo da capacidade de correr(45). Apesar disso a influência desse treinamento em populações de atletas ainda é incipiente. Isso se dá por alguns fatores. O primeiro deles é que a maioria dos estudos publicados utilizam o treinamento do *core* somado em conjunto com treinamentos específicos voltados ao esporte que está sendo estudado (efeito somatório). Esse fato é compreensível, tendo em vista que colocar o atleta em condições laboratoriais poderia influenciar de maneira negativa na sua *performance*. No entanto esses

resultados não podem ser extrapolados em relação ao efeito exclusivo do treinamento do *core* sobre a *performance* atlética. Outro aspecto é o pouco tempo de intervenção, que ao nosso conhecimento não chega a 12 semanas, o que poderia influenciar nos resultados.

Além disso, a maioria dos treinamentos do *core* são propostos para populações de atletas, idosos ou que possuem dor lombar crônica. Ao nosso conhecimento, apenas o estudo transversal de Lee e McGill(51) utilizaram como amostra indivíduos jovens saudáveis e não atletas. Os autores concluíram que o treinamento da *endurance* do *core*, composto por apenas três exercícios (prancha frontal, lateral e cão de caça; 3 sets e 10 seg por exercício) é suficiente para aumentar a rigidez / *stiffness* na coluna e a magnitude de ativação dos músculos que a envolve, independente se o indivíduo possui ou não experiência com o treinamento do *core*. Assim, um treinamento específico do *core* em uma população de indivíduos jovens e não atletas poderiam ter resultados diferentes dos artigos citados anteriormente.

Outrossim, os exercícios utilizados no treinamento do *core*, têm sido inseridos dentro das sessões de treinamento funcional, caracterizado por utilizar exercícios multiarticulares que por si só já promovem ativação dos músculos do *core*. Desta maneira não estão claros quais os efeitos ao longo do tempo, dessa inclusão, principalmente em uma população de jovens adultos.

## 1.1 REFERÊNCIAS

1. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1989;230:1-54.
2. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-9; discussion 97.
3. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):390-6; discussion 7.
4. Cholewicki J, McGill SM, Norman RW. Lumbar spine loads during the lifting of extremely heavy weights. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(10):1179-86.
5. Vera-García FJ, Barbado D, Moreno-Pérez V, Hernández-Sánchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Rev Andai Med Deporte.* 2015;8(2):79-85.
6. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(22):2640-50.
7. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997;77(2):132-42; discussion 42-4.
8. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997;114(2):362-70.
9. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):316-25.
10. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006;36(3):189-98.
11. Reed CA, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Med.* 2012;42(8):697-706.
12. Wirth K, Hartmann H, Mickel C, Szilvas E, Keiner M, Sander A. Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Med.* 2017;47(3):401-14.
13. Silfies SP, Ebaugh D, Pontillo M, Butowicz CM. Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(5):360-8.
14. Jamison ST, McNeilan RJ, Young GS, Givens DL, Best TM, Chaudhari AM. Randomized controlled trial of the effects of a trunk stabilization program on trunk control and knee loading. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(10):1924-34.
15. Chan MK, Chow KW, Lai AY, Mak NK, Sze JC, Tsang SM. The effects of therapeutic hip exercise with abdominal core activation on recruitment of the hip muscles. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):313.
16. Frank B, Bell DR, Norcross MF, Blackburn JT, Goerger BM, Padua DA. Trunk and hip biomechanics influence anterior cruciate loading mechanisms in physically active participants. *Am J Sports Med.* 2013;41(11):2676-83.
17. Vega Toro AS, Cools AM, de Oliveira AS. Instruction and feedback for conscious contraction of the abdominal muscles increases the scapular muscles activation during shoulder exercises. *Man Ther.* 2016;25:11-8.

18. Gardner-Morse MG, Stokes IA. Trunk stiffness increases with steady-state effort. *J Biomech*. 2001;34(4):457-63.
19. Cholewicki J, Simons AP, Radebold A. Effects of external trunk loads on lumbar spine stability. *J Biomech*. 2000;33(11):1377-85.
20. Reeves NP, Cholewicki J, Milner TE. Muscle reflex classification of low-back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2005;15(1):53-60.
21. Vera-Garcia FJ, Brown SH, Gray JR, McGill SM. Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006;21(5):443-55.
22. Granata KP, Orishimo KF, Sanford AH. Trunk muscle coactivation in preparation for sudden load. *J Electromyogr Kinesiol*. 2001;11(4):247-54.
23. Brown SH, Vera-Garcia FJ, McGill SM. Effects of abdominal muscle coactivation on the externally preloaded trunk: variations in motor control and its effect on spine stability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(13):E387-93.
24. Vera-Garcia FJ, Elvira JL, Brown SH, McGill SM. Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J Electromyogr Kinesiol*. 2007;17(5):556-67.
25. Barbado D, Barbado LC, Elvira JLL, Dieen JHV, Vera-Garcia FJ. Sports-related testing protocols are required to reveal trunk stability adaptations in high-level athletes. *Gait Posture*. 2016;49:90-6.
26. van Dieen JH, Koppes LL, Twisk JW. Low back pain history and postural sway in unstable sitting. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(7):812-7.
27. Van Daele U, Hagman F, Truijen S, Vorlat P, Van Gheluwe B, Vaes P. Decrease in postural sway and trunk stiffness during cognitive dual-task in nonspecific chronic low back pain patients, performance compared to healthy control subjects. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(5):583-9.
28. Bennett BC, Abel MF, Granata KP. Seated postural control in adolescents with idiopathic scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(20):E449-54.
29. Butowicz CM, Ebaugh DD, Noehren B, Silfies SP. Validation of two clinical measures of core stability. *Int J Sports Phys Ther*. 2016;11(1):15-23.
30. Shahtahmassebi B, Hebert JJ, Hecimovich MD, Fairchild TJ. Associations between trunk muscle morphology, strength and function in older adults. *Sci Rep*. 2017;7(1):10907.
31. Bianco A, Lupo C, Alesi M, Spina S, Raccuglia M, Thomas E, et al. The sit up test to exhaustion as a test for muscular endurance evaluation. *Springerplus*. 2015;4:309.
32. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(8):941-4.
33. Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res*. 2008;22(6):1750-4.
34. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res*. 2011;25(1):252-61.
35. Ambegaonkar JP, Cortes N, Caswell SV, Ambegaonkar GP, Wyon M. LOWER EXTREMITY HYPERMOBILITY, BUT NOT CORE MUSCLE ENDURANCE INFLUENCES BALANCE IN FEMALE COLLEGIATE DANCERS. *Int J Sports Phys Ther*. 2016;11(2):220-9.

36. Allen BA, Hannon JC, Burns RD, Williams SM. Effect of a core conditioning intervention on tests of trunk muscular endurance in school-aged children. *J Strength Cond Res.* 2014;28(7):2063-70.
37. Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Med.* 2008;38(12):995-1008.
38. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):373-80.
39. Escamilla RF, Lewis C, Pecson A, Imamura R, Andrews JR. Muscle Activation Among Supine, Prone, and Side Position Exercises With and Without a Swiss Ball. *Sports Health.* 2016;8(4):372-9.
40. Mok NW, Yeung EW, Cho JC, Hui SC, Liu KC, Pang CH. Core muscle activity during suspension exercises. *J Sci Med Sport.* 2015;18(2):189-94.
41. Tong TK, McConnell AK, Lin H, Nie J, Zhang H, Wang J. "Functional" Inspiratory and Core Muscle Training Enhances Running Performance and Economy. *J Strength Cond Res.* 2016;30(10):2942-51.
42. Granacher U, Gollhofer A, Hortobagyi T, Kressig RW, Muehlbauer T. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Med.* 2013;43(7):627-41.
43. Sions JM, Elliott JM, Pohlig RT, Hicks GE. Trunk Muscle Characteristics of the Multifidi, Erector Spinae, Psoas, and Quadratus Lumborum in Older Adults With and Without Chronic Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(3):173-9.
44. Franklin TC, Granata KP. Role of reflex gain and reflex delay in spinal stability--a dynamic simulation. *J Biomech.* 2007;40(8):1762-7.
45. Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):133-40.
46. Araujo S, Cohen D, Hayes L. Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: a pilot study. *J Hum Kinet.* 2015;45:27-37.
47. Dello Iacono A, Padulo J, Ayalon M. Core stability training on lower limb balance strength. *J Sports Sci.* 2016;34(7):671-8.
48. Hoppes CW, Sperier AD, Hopkins CF, Griffiths BD, Principe MF, Schnall BL, et al. The Efficacy of an Eight-Week Core Stabilization Program on Core Muscle Function and Endurance: A Randomized Trial. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(4):507-19.
49. Manchado C, Garcia-Ruiz J, Cortell-Tormo JM, Tortosa-Martinez J. Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *J Hum Kinet.* 2017;56:177-85.
50. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. The use of instability to train the core musculature. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2010;35(1):91-108.
51. Lee BC, McGill SM. Effect of long-term isometric training on core/torso stiffness. *J Strength Cond Res.* 2015;29(6):1515-26.



## **2. OBJETIVO GERAL**

Analisar a importância do *core* na funcionalidade de jovens adultos.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento específico do *core* e treinamento funcional - com e sem a inclusão de exercícios específicos do *core* sobre: a) performance do *core* e, b) performance de testes funcionais. (Estudo I e III).

Analisar a associação entre a *endurance* do *core* e medidas de performance funcional em indivíduos jovens. (Estudo II).

#### 4. ESTUDO I: ARE CORE EXERCISES IMPORTANT TO FUNCTIONAL TRAINING PROTOCOLS?

**Aceito para publicação:** *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* (Elsevier)

## **Are core exercises important to functional training protocols?**

### **Abstract**

**Objective:** Our aim is to analyze the effects of 12 weeks of functional training with and without core exercises on core functional and performance indicators.

**Methods:** This is a three-arm randomized controlled trial, which will take place over 12 weeks. Participants will be randomly grouped into three training programs, namely: functional training group (FT), which will perform global, multi-articular, and functional exercises, with no exercises for the core; functional training + core group (FTC), which will perform a similar protocol to the FT, but with the inclusion of specific exercises for the core region; and core training group (CT), which will only perform specific exercises for the core. In both moments, tests will be carried out in the following order: McGill's torso muscular endurance test battery, unilateral hip bridge endurance test, sit up test, isometric deadlift, push up, sit to stand, functional movement screen, handgrip test, countermovement maximal vertical jump test, 1-RM in bench press, row and leg press, T- run agility test, Yo-Yo test.

**Discussion:** These findings will provide new evidence to aid physical education professionals in decision-making regarding exercise prescription. **Conclusion:** We hypothesize that the inclusion of exercises specifically targeting the trunk in functional training protocols will lead to higher functional and core performance.

**Key words:** Low pain back, athletic performance, rehabilitation.

## **É importante incluir exercícios específicos do core em protocolos de Treinamento Funcional?**

### **Resumo**

**Objetivo:** Analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento funcional com e sem exercícios específicos do core sobre indicadores funcionais e de desempenho.

**Métodos:** Este será um ensaio randomizado composto por três grupos de intervenção e duração de 12 semanas. Os participantes serão agrupados aleatoriamente em programas de treinamento funcional, a saber: grupo de treinamento funcional (TF), que realizará exercícios globais e multi-articulares e funcionais, mas sem exercícios para o núcleo; treinamento funcional + core (TFC), que realizará um protocolo similar ao TF, mas com exercícios específicos para a região central; e grupo de treinamento básico (TC), que só executará exercícios específicos para o core. Em ambos os momentos, os testes serão realizados na seguinte ordem: bateria de teste de resistência muscular do tronco de McGill, teste unilateral de elevação pélvica, *sit up* test, isometric dead lift, *push up*, *sit to stand*, *functional movement screen*, *handgrip test*, *countermovement maximal vertical jump test*, 1-RM nos exercícios supino reto, *les press* e remada, teste T de agilidade e Yo-Yo. **Discussão:** Esses achados fornecerão novas evidências para a tomada de decisões pelo profissional da Educação Física na prescrição de exercícios. **Conclusão:** Nós hipotetizamos que a inclusão de exercício com foco especificamente no tronco em protocolos de treinamento funcional levará a um maior desempenho funcional e básico.

**Palavras-Chave:** Dor lombar crônica, desempenho atlético, reabilitação.

## **¿Es importante incluir ejercicios específicos del núcleo en protocolos de Entrenamiento Funcional?**

### **Resumen**

**Objetivo:** Analizar los efectos de 12 semanas de entrenamiento funcional con y sin ejercicios específicos del núcleo, sobre indicadores funcionales y de desempeño. **Métodos:** Este será un ensayo aleatorizado compuesto por tres distintos grupos y con una duración de 12 semanas. Los participantes serán agrupados aleatoriamente en programas de entrenamiento funcional, a saber: grupo de entrenamiento funcional (TF), que realizará ejercicios globales, multi-articulares y funcionales, pero sin ejercicios para el núcleo; entrenamiento funcional + grupo core (TFC), que realizará un protocolo similar al FT, pero con ejercicios específicos para la región central; y grupo de entrenamiento básico (TC), que sólo realizará ejercicios específicos para el núcleo. En ambos momentos, las pruebas se realizar en el siguiente orden: Batería de prueba de resistencia muscular del tronco de McGill, prueba unilateral de elevación pélvica, Sit Up test, Isometric dead lifth. **Discusión:** Estos hallazgos proporcionarán nuevas evidencias para la toma de decisiones por el profesional de la educación física en la prescripción de ejercicios. **Conclusión:** Nosotros hipotetizamos que la inclusión del objetivo de ejercicio específicamente para el tronco en protocolos de entrenamiento funcional llevará a un mayor desempeño funcional y del núcleo.

**Palabras-clave:** dolor en la espalda, rendimiento atlético, rehabilitacion.

## 4.1 INTRODUCTION

Panjabi<sup>1, 2</sup>, one of the first authors to define spine stability, suggested that this middle zone of the body is a complex, composed of passive, active, and neural systems whose purpose is to improve body stability. Kibler<sup>3</sup> expanded the concept of spine stability, applying it to sports training (denominated core stability), defined as the ability to control the movement or position of the trunk over the pelvis, aiming to optimize the production, control, and transfer of strength from the center to the extremities. The interaction between these subsystems (stability)<sup>4</sup> and correlates of the active subsystem, such as maximum and endurance strength or muscular activation, has been associated with improvements in sport performance<sup>5-11</sup>, jump strength<sup>12</sup>, the synergy between upper limb muscles<sup>13</sup>, and running capability<sup>5, 11, 14</sup>. Furthermore, deep muscles of the core e.g., the transverse abdominal muscle, seem to be preactivated during limb movements, even before activation of the main muscle groups<sup>15, 16</sup>. However, this activation seems to be later in low back pain patients compared to healthy people, indicating a potential association between low back pain and middle zone neuromotor deficits<sup>17</sup>.

In a recent systematic review, Cuellar et al.<sup>18</sup> showed that the amount of upper and lower limb muscles decreases around 1% per year after the age of 50, with higher decreases observed regarding abdominal muscles (around 36% and 48% between 20 and 86 years). In addition, given the relevance of the core for daily activities, rehabilitation, and sport performance, the use of core exercises in physical training programs appears logical. However, despite inclusion of core exercises, especially in protocols of functional training<sup>19, 20</sup>, their effectiveness and the effects of these exercises on specific outcomes (e.g., functional or performance) are not clear.

Although electric activation of muscles leading to core exercises has been investigated in electromyography studies<sup>21-26</sup>, findings represent acute effects with specific conditions, such as angulation and exercise phase (ascending or descending). The so-called “functional exercises” related to motor skills commonly required in daily life (e.g., squatting, pushing, pulling) have been indicated as

muscle core triggers<sup>27-32</sup>. For instance, Comfort et al.<sup>33</sup> examined trunk muscle activity during middle zone (front plank and superman) and dynamic exercises (back squat, front squat, and military press) in active young adults, and found that the front plank exercise led to higher activation of the abdominal rectus compared to dynamic exercises, with no difference regarding erector spinae muscle activation. In contrast, Hamlyn et al.<sup>34</sup>, observed that the front squat performed in six repetitions at 80% of 1-RM (Maximum repetition) was more effective to activate extensor muscles compared to the superman in trained young adults. However, these results do not allow any extrapolation to the chronic or long-term effects of core exercises.

In addition, although it seems clear that core muscles can be activated by both global and specific exercises, findings regarding the magnitude of this activation are still lacking. In addition, to the best of our knowledge, there are no studies on the chronic effects of core exercises within functional training protocols in relation to core, functional, and performance outcomes. Thus, our aim is to analyze the effects of 12 weeks of functional training with and without core exercises on core, functional, and performance indicators.

## **4.2 METHOD**

### **Subjects**

One hundred healthy and sedentary adults, aged between 18 and 40, will compose the sample. All participants will sign the Informed Consent Form. The exclusion criteria will be: a) low back pain in the previous six months; b) ankle instability; c) metabolic diseases (diabetes, hypertension, dyslipidemias); and d) osteoarticular and musculoskeletal diseases.

### **Design**

This is a three-arm randomized controlled trial, which will take place over 12 weeks. Participants will be randomly grouped into three training programs, namely: functional training group (FT), functional training + core group (FTC), and core training group (CT). Each group will perform three training sessions per week totaling 36 training sessions over the 12 weeks. Randomization will be in blocks

based on the means of performance and maximal strength tests at baseline. The study flow chart is displayed in figure 1. This research project was approved by the local Ethics Committee according to the Declaration of Helsinki.

### **Figure I Study flowchart**

At both moments, tests will be carried out in the following order (aiming to avoid variability effect of the order): McGill's Torso Muscular Endurance Test Battery, unilateral hip bridge endurance test, Sit Up test, Isometric deadlift, push up, sit to stand, functional movement screen, handgrip test, countermovement maximal vertical jump test, 1RM of Bench Press, Row and leg press, T- run agility test, and Yo-Yo test. The core tests will be performed in the Physiology Laboratory of the Federal University of Sergipe (Brazil) and all other tests in a multi-sports court. The reproducibility of the tests will be calculated before the intervention until the ICC is from 0.80

#### *McGill's Torso Muscular Endurance Test Battery*

Core static endurance will be assessed through the McGill's protocol. This battery is composed of four tests, which demonstrate excellent interclass correlation coefficient (ICC), namely: trunk flexion (0.97), trunk extension (0.97), and trunk lateral muscles (0.99)<sup>35</sup>. The same assessors will be responsible for all these tests aiming to ensure the quality of execution and encouraging the participants to give maximal performance<sup>26</sup>. Participants will perform one attempt at each test and the result will be obtained in seconds. During the tests only two assessors and a volunteer will be in the assessment room<sup>8, 35</sup>.

#### *Trunk flexors*

For the assessment of trunk flexors, participants will be seated in a *sit up* position (knees and hips at 90°), with their back lying on a platform at 60° in relation to the ground, hands crossed on the shoulders and feet restrained by the assessor. Participants will be notified that the test is beginning, the back support platform will be removed (10 cm back) and participants will be required to maintain the isometric position for as long as possible. The test is finalized when the participant is unable to maintain their trunk at 60° in relation to the ground<sup>7, 33</sup>.



### *Trunk extensors*

The modified Biering-Soensen test<sup>7</sup> will be used to assess the trunk extensors. Participants will be in the dorsal decubitus position on a stretcher one meter in height, with the trunk outside the stretcher in a cavalier position. The lower limbs will be fixed to the stretcher with four adhesive tapes located just below the gluteal fold, between the gluteal fold and knees, at the midpoint of the legs, and on the ankles. During this process, participants will be supported by hands in order to avoid early fatigue of the extensor muscles. At a signal from the assessor, the participant will place their hands on the opposite shoulder and the trunk will remain parallel to the ground, in a horizontal position (initial position). Participants will be encouraged to maintain this position for as long as possible. The test is finalized when the participant is unable to maintain their trunk in a horizontal position<sup>35</sup>.

### *Side bridge left and right*

For assessment of lateral muscles of the trunk, participants will be in the lateral decubitus position (right and left, separately). The legs will be extended and the foot of the upper leg will be placed in front of the supported leg, maintaining a straight line between the head and feet. Participants will be required to lift their hips supported by their elbows and feet. The arm not involved in the movement will be kept on the opposite shoulder. The test is finalized when the participant is unable to maintain the body alignment or the hips/leg touch the ground<sup>8, 35</sup>.

### Unilateral hip bridge endurance test (*UBET*)

Lumbo-pelvic stability will be assessed by the Unilateral Pelvic Elevation test, which has been validated against the Unstable Seat Paradigm test ( $r = -0.56$ ). The lower velocity of center of gravity shifting (instability), the longer the participant can remain in unilateral pelvic elevation (stability)<sup>36</sup>.

### *Sit up test (SUT)*

The sit up test will be adopted to assess the dynamic resistance of the trunk and hip flexor muscles. For this purpose, participants will be in dorsal decubitus with knees bent at 90°, hands touching opposite shoulders, and elbows pointing forward (initial position). From the initial position, participants will perform trunk and hip flexion. A repetition will be counted when elbows touch the knees (during trunk and hip flexion) and return to the scapula touching the ground. The maximal number of repetitions in one minute will be considered as the test indicator<sup>37</sup>.

### *Isometric Deadlift*

Paravertebral muscle strength will be evaluated through a lumbar dynamometer (Sammons Preston Rolyan, Jamar Hydraulic Hand Dynamometer, Canada). Participants will be positioned with the feet on a platform (standardised length), knees bent at 100°, and hips slightly bent. Participants will perform the maximal extension strength of hips and knees with a gradual and constant movement. Two attempts will be conducted and the highest value will be considered. Chulvi-Medrano et al.<sup>27</sup> adopted the deadlift to assess the maximal isometric contraction and observed that this movement led to muscle activation of 107.7% in some trunk extensors, such as the multifidus and spinal erectors.

### *Push up*

The push-up is a standard measure of upper limb endurance<sup>21</sup>. This exercise will be performed on the ground with the hands placed shoulder-width apart and fingers forward (initial position). Males will be supported by their feet and females by their knees. Participants will perform an elbow flexion, maintaining a neutral spine/posture with no changes in the lower limb (feet or elbows) point of support during movement. Instructions will be given to lower the body while flexing elbows until a 90° angle, and thus returning to the initial position. Two repetitions will be conducted for familiarization, followed by the official attempt, during which participants will be encouraged to perform a maximum number of repetitions in one minute.

### *Sit to Stand (STS)*

As an important daily task regarding autonomy and functionality, the sit-to-stand test will be used to assess the sit down and get up from a chair ability. Participants will begin in a seated position with feet placed shoulder-wide apart, arms crossed touching opposite shoulders and elbows bent. The chair will be 38 cm from the ground and participants will sit down and stand up as many times and as fast as possible during one minute. A repetition will be counted when hips touch the chair (flexion) followed by a complete hip extension. Two repetitions will be performed for familiarization, followed by the official attempt<sup>38</sup>.

### *Functional Movement Screen*

The Functional Movement Screen (FMS) was developed by Cook to evaluate quality of movement<sup>8, 39, 40</sup>. This task consists of seven basic movements: deep squat (DS), Hurdle Step (HS), (SM), in Line lunges (ILL), Active straight-leg, raises (ASLR), Rotary stabilities (RS), Shoulder mobility, and Trunk-stability (TS). For each movement individuals receive one of the following scores: 0 (unable to perform the movement or reported pain when executing it), 1 (able to perform the movement with many adjustments), 2 (able to perform the movement with few adjustments), and 3 (able to carry out the movement with no adjustment). In order to provide a qualitative evaluation of movements, the criteria proposed by Okada et al.<sup>8</sup> will be adopted.

### *Handgrip Test*

The isometric hand-grip strength will be measured using a 5-position handgrip dynamometer (Oswaldo Friziola, Crown Dorsal, São Paulo, Brazil), with the second position being adopted for all participants. The test will be performed with the participant sitting in a chair (with no armrests) and knees and elbows bent at 90 °. Participants will perform maximum hand-grip force, which will be gradual

and constant. Two attempts for each hand (right side first) alternately will be performed<sup>41, 42</sup>.

### *Countermovement Maximal Vertical Jump Test (CMJ)*

The CMJ test will, indirectly, evaluate the power of the lower limbs. Participants will be positioned on a contact platform (Probiotics Inc., 8502 ESSLINGER, CT, HUNTSVILLE) and will begin the jump with a downward movement (squatting), immediately followed by a concentric action upwards, resulting in a maximum vertical jump. During the jump, the hands will be placed on the hips and the depth of the descending movement freely chosen to allow a natural movement. Three attempts will be performed, with a rest period of 1 min between attempts. The highest jump will be considered. The CMJ demonstrates excellent reproducibility (ICC = 0.98)<sup>43</sup>.

### *Maximum dynamic force*

In order to evaluate the maximum dynamic force, a maximum repetition test (1RM) will be applied to assess three different movements according to the following devices: Bench Press, Leg Press, and Pull Row. Initially, for all three tests a warm-up will be performed, consisting of 15 repetitions with a pre-established load: 10 kg for women and 15 kg for men in bench press; 150 kg for both women and men in leg press; 15 kg for women and 25 kg for men in row. One minute after this dynamic warm-up, the RM will be tested.

In the bench press, participants will be in dorsal decubitus on a bench and will keep the back supported on it, with their hands on the second mark of the barre near the acromion. A repetition will be considered when participants go down the barre up to 90° of elbow flexion (eccentric phase) and go up it fully (concentric phase). In the leg press, participants will sit on the device and place their feet at the hip line on the platform. The eccentric phase will be established until the hip reaches an angle of 90° and the concentric phase when the knees are fully extended. In the row, participants will be asked to sit on the device by placing their feet on the support provided by the machine (adjusted according to the height

of the individual - hip and knee at 90° to the ground). The exercise will be performed with the hands in a prone position. A maximum repetition will be considered when the participant performs the pull (concentric phase) until the elbow reaches 90°. If participants perform two maximal repetitions, according to each exercise, a formula<sup>44</sup> will be applied to establish their RM. However, if more than two repetitions are performed, the participant will rest for two minutes and one more attempt will be made until the maximum repetition is found. In all exercises a velocity of 2x2 s will be maintained.

At least four assessors will be present during the test administration: the first to explain the exact procedures and supervise the execution; the second to control the angulation in the concentric and eccentric phases; and the remaining two to adjust the load. All assessors will be responsible for providing auditory stimuli for participants to perform the maximum effort<sup>45</sup>.

#### *T- Run Agility Test (TAT)*

The TAT test will be applied to assess agility and speed. A previous study has shown the validity and reproducibility of this test (ICC = 0.98)<sup>46</sup>. Participants will run 9.14 m as fast as possible, which corresponds to the distance between cones A and B. They will touch cone B with their right hand and make a lateral shift to the left until touching cone C 4.57m away from cone B. Next, the participant will move laterally to the right until touching cone D 9.14 m from cone B. After reaching cone D, the participant will return to cone B (with lateral displacement) before returning to cone A, forming a "T". Participants will complete a familiarization test followed by three official attempts. The time of each attempt will be recorded through a photocell device (Timing System, Salt Lake City, UT), which will be positioned approximately 0.75 m above the ground on each side of the cone. Time will be registered when the participants pass through the electronic sensors and interrupted when they pass the sensor again, also being interrupted if the participant does not touch the cones or crosses their feet when performing the lateral displacements<sup>46, 47</sup>.

### *Yo-Yo Test (Yo-Yo IR1)*

The Yo-Yo IR1 test will evaluate the ability to perform an intermittent exercise leading to activation of the aerobic system. This test has a high correlation with  $\text{VO}_2\text{peak}$ , with an ICC of 0.95 ( $p < 0.01$ ) and coefficient of variation of 8.7%. The test consists of a sprint of 2 x 20m with increased speed and a 10 second active rest period (controlled by a beep) The test is divided into stages and when the subject is not able to maintain the speed, the last complete stage is considered. Each stage represents a distance in meters, which will be used for statistical purposes<sup>46, 47</sup>.

### *Training protocols*

A macrocycle of 12 weeks composed of three mesocycles (initial, and after four and eight weeks of training) and 36 sessions of training will be applied. Each microcycle, or training week, will be composed of three training sessions of 50 to 60 minutes. In order to vary the stimulus of the training, two distinct routines (A and B) will be planned. Each participant will be supervised by the same coach throughout the intervention period. Coaches will be responsible for groups of up to five participants. Exercises will be adjusted by the coaches according to the functional capacity of the participants. The intervention groups will be: 1) Functional Training (FT), who will perform global, multi-articular, and functional exercises, with no exercises for the core; 2) Functional and Core Training (FTC), who will perform a similar protocol to FT, but with the inclusion of specific exercises for the core region; and 3) Core Training (CT), who will only perform specific exercises for the core, allowing greater muscular activation of this region (Figure 2). All groups will perform two weeks of familiarization with their respective training protocols. All training programs will be carried out in the same multi-sports court where the physical evaluations will be performed. The participants will be accompanied by Physical Education professionals with experience in this type of training.

**Figure 2:** Organization of exercises in the training session

### *Functional Training*

The FT and FTC groups will perform high-intensity functional training. Each training session will be divided into four parts, namely: preparation for movement (joint mobility and core muscle activation), neuromuscular I, neuromuscular II, and cardiometabolic. The joint mobility will take place for five minutes and be composed of dynamic mobility of the cervical, glenohumeral, thoracic, hip, and ankle joints, providing thus a warm-up of 10 repetitions per joint. In preparation for the movement, core muscle activation will last five minutes, aiming to provide better performance in the activities that will be performed during the training. In this phase three exercises will be used Front Plank, Bird Dog, and Bridge Supine Side. During these exercises, coactivation of the bracing abdominal musculature will be adopted providing greater activation of the middle zone<sup>48</sup>. The neuromuscular I and II will consist of two high-intensity circuits composed of six stations. Prior to the neuromuscular I circuit, coordinated gait movements will be performed in the sagittal and frontal planes with displacements in the anterior-posterior and lateral-lateral directions, respectively, after which a circuit composed of six stations will be performed for both groups (FT and FTC). In the FT group four of the six stations will be power exercises, two for the lower limbs and two for the upper limbs. In addition, one station will require agility and the other coordination. However, in the FTC group, of the two stations designed to train the power of upper limbs, one will be replaced by a core power exercise. In the neuromuscular II circuit, the FT group will perform four stations which represent functional actions of daily life (two for the squat action and two for the pull action). In addition, a push station and a transport station will be added, totaling six stations. The FTC group will follow a similar protocol, but two stations (one of the carry movement and the other of push) will be replaced by core-specific exercises. Finally, in the cardiometabolic phase both FT and FTC groups will perform the same protocol. Two games will be used: Tug of war and intermittent running, both characterized as high intensity interval exercises. The aim of this phase will be to provide a maximum effort followed by adequate rest periods. This part of the session will last 5 minutes.

In the first and second sessions of the neuromuscular circuits I and II, participants will perform two sets (turns) in each circuit, each station consisting of one minute (initial density 30:30, which will be progressively modified). The interval between the first and second sessions will be 48 hours. In the third session, the subjects will perform three sets with a rest of 72 hours. In addition, after each training session, participants will report their rating of perceived exertion (Borg's scale), expected values being between 8 and 10. The intensity will also be controlled by the number of repetitions (8-10) performed by the participant in each exercise and the maximum heart rate assessed through a system wireless (Polar Team<sup>TM</sup>).

### *Core Training*

The core training (CT group) will follow a similar structure to the functional training in terms of session duration (50 minutes) and training cycles. The training will also be composed of preparation of movement (joint mobility and core activation) using the same exercises as the other groups. The main part of the training will be composed of two circuits, one for muscle strength and one for muscle endurance. In the first, exercises with moderate to high intensity levels will be used (higher than 60% of the maximum voluntary isometric contraction) or high neuromotor complexity<sup>23, 49</sup>. Considering the current approach, the exercises used will be focused on pelvic and scapular waist muscles, the pelvic floor, external rotators of the hip (e.g. gluteus medius), in addition to flexors, extensors, and rotators of the trunk<sup>50</sup>. For the muscle endurance circuit, exercises targeting strength/endurance will be added<sup>23, 49</sup>, mostly dynamic (e.g., curl up, sit up) which require action from the flexors, extensors, and rotators of the trunk. Like the other groups, the CT group will have two changes in the training circuits (mesocycle). The training density will be the same as the FT and FT+C groups. On the first, second, and third day of the training session there will be two sets in each circuit. In addition, the intensity range will also be between 8 and 10 of the effort perception scale, and like the other groups, participants will report their rating of perceived exertion just after each training circuit.



### **Statistical analysis**

Sample size was calculated by Granmo software (version 5.2 for Windows, IMIM, Barcelona, Spain). Considering an 80% statistical power, fifteen participants will be needed for each group. However, 20% will be added to this value, foreseeing possible sample losses. Fifteen participants will be required for each group in order to identify a moderate effect size ( $d > 0.4$ ). Means and standard deviation will be used for data description. Homogeneity and sphericity of variances will be tested by the Levene's test and Mauchly's test, respectively. The Greenhouse-Geisser correction will be adopted if sphericity is violated. Covariance analysis (ANCOVA GLM) 3x2 will be performed for group comparisons throughout the 12 weeks of the intervention (effects of group, time, and interaction group vs time) followed by Sidak pairwise comparisons (post-hoc) to identify potential differences. Data will be processed using SPSS version 22.0 for Windows with a statistical significance of  $p < 0.05$ .

### **4.3 RESULTS/DISCUSSION**

The current study will analyze the real importance of the inclusion of specific core exercises in functional training protocols, that is, the extent to which the global exercises used in functional training could bring about adaptive improvements in the functionality and performance of the core without the need to include specific exercises. In addition, the effects of core-specific training on functional and core performance as well as other domains of performance and functionality will be assessed. These findings will provide new evidence to aid decision-making by physical education professionals in exercise prescription.

#### **4.4 CONCLUSION**

This study will address the methodological deficits in the literature, controlling, for example, the exercise velocity and training density. We hypothesize that the inclusion of exercise specifically targeting the trunk in functional training protocols will lead to higher functional and core performance.

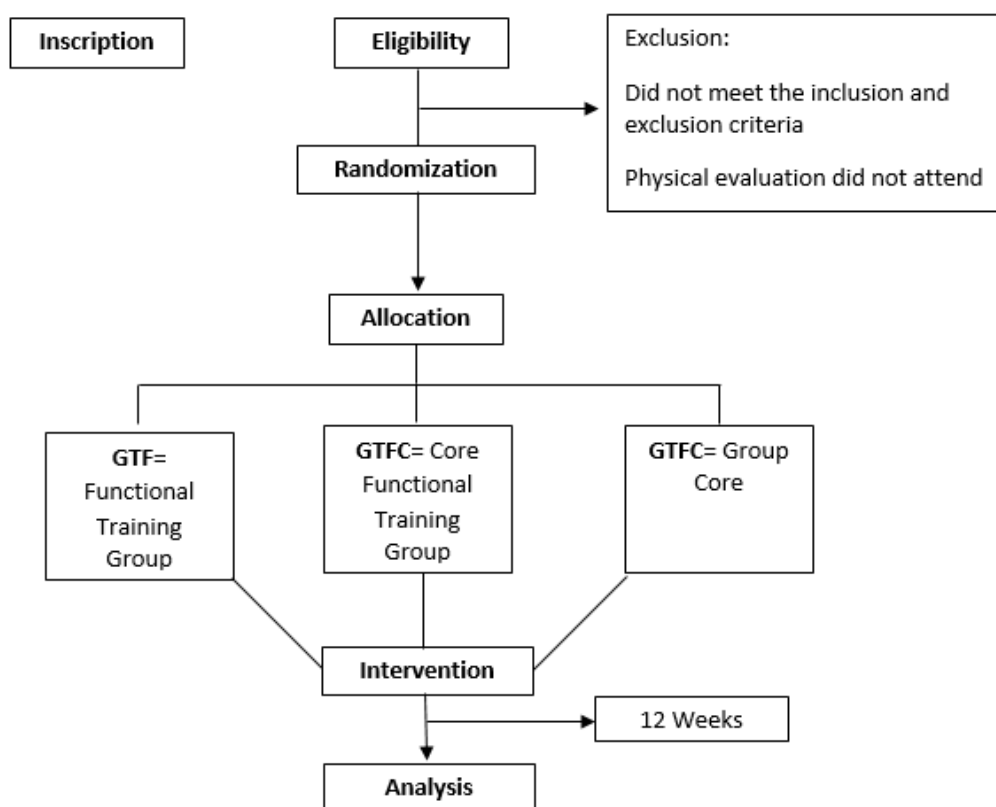
#### 4.5 REFERENCES

1. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-9.
2. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):390-6.
3. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006;36(3):189-98.
4. Vera-García FJ, Barbado D, Moreno-Pérez V, Hernández-Sánchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Rev Andai Med Deporte* 2015;8(2):79-85.
5. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Immediate Effects of Different Trunk Exercise Programs on Jump Performance. *Int J Sports Med.* 2016;37(3):197-201.
6. Kubo T, Hoshikawa Y, Muramatsu M, Iida T, Komori S, Shibukawa K, et al. Contribution of trunk muscularity on sprint run. *Int J Sports Med.* 2011;32(3):223-8.
7. Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1750-4.
8. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):252-61.
9. Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6(2):63-74.
10. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):373-80.
11. Tong TK, McConnell AK, Lin H, Nie J, Zhang H, Wang J. "Functional" Inspiratory and Core Muscle Training Enhances Running Performance and Economy. *J Strength Cond Res.* 2016;30(10):2942-51.
12. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):47-57.
13. Vega Toro AS, Cools AM, de Oliveira AS. Instruction and feedback for conscious contraction of the abdominal muscles increases the scapular muscles activation during shoulder exercises. *Man Ther.* 2016;25(1):11-8.
14. Tong TK, Wu S, Nie J, Baker JS, Lin H. The occurrence of core muscle fatigue during high-intensity running exercise and its limitation to performance: the role of respiratory work. *J Sports Sci Med.* 2014;13(2):244-51.

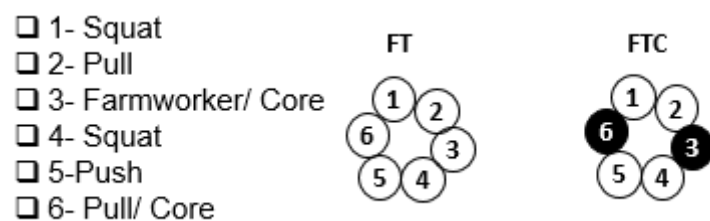
15. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997;114(2):362-70.
16. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997;77(2):132-42; discussion 42-4.
17. Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1005-12.
18. Cuellar WA, Wilson A, Blizzard CL, Otahal P, Callisaya ML, Jones G, et al. The assessment of abdominal and multifidus muscles and their role in physical function in older adults: a systematic review. *Physiotherapy.* 2017;103(1):21-39.
19. Distefano LJ, Distefano MJ, Frank BS, Clark MA, Padua DA. Comparison of integrated and isolated training on performance measures and neuromuscular control. *J Strength Cond Res.* 2013;27(4):1083-90.
20. Pacheco MM, Teixeira LA, Franchini E, Takito MY. Functional vs. Strength training in adults: specific needs define the best intervention. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(1):34-43.
21. Boren K, Conrey C, Le Coguic J, Paprocki L, Voight M, Robinson TK. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6(3):206-23.
22. Burden AM, Redmond CG. Abdominal and hip flexor muscle activity during 2 minutes of sit-ups and curl-ups. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2119-28.
23. Ekstrom RA, Osborn RW, Hauer PL. Surface electromyographic analysis of the low back muscles during rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(12):736-45.
24. Escamilla RF, Lewis C, Pecson A, Imamura R, Andrews JR. Muscle Activation Among Supine, Prone, and Side Position Exercises With and Without a Swiss Ball. *Sports Health.* 2016;8(4):372-9.
25. Lee J, Jeong K, Lee H, Shin J, Choi J, Kang S, et al. Comparison of three different surface plank exercises on core muscle activity. *Phys Ther Rehab Sci.* 2016;5(1):29-33.
26. Silva GB, Morgan MM, Gomes de Carvalho WR, Silva E, de Freitas WZ, da Silva FF, et al. Electromyographic activity of rectus abdominis muscles during dynamic Pilates abdominal exercises. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19(4):629-35.
27. Chulvi-Medrano I, Garcia-Masso X, Colado JC, Pablos C, de Moraes JA, Fuster MA. Deadlift muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2723-30.
28. McGill SM, Cannon J, Andersen JT. Muscle activity and spine load during pulling exercises: influence of stable and labile contact surfaces and technique coaching. *J Electromyogr Kinesiol.* 2014;24(5):652-65.

29. McGill SM, Cannon J, Andersen JT. Analysis of pushing exercises: muscle activity and spine load while contrasting techniques on stable surfaces with a labile suspension strap training system. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):105-16.
30. Mok NW, Yeung EW, Cho JC, Hui SC, Liu KC, Pang CH. Core muscle activity during suspension exercises. *J Sci Med Sport.* 2015;18(2):189-94.
31. Snarr RL, Esco MR. Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups. *J Hum Kinet.* 2013;39(1):75-83.
32. Stastny P, Lehnert M, Zaatar AM, Svoboda Z, Xaverova Z. Does the Dumbbell-Carrying Position Change the Muscle Activity in Split Squats and Walking Lunges? *J Strength Cond Res.* 2015;29(11):3177-87.
33. Comfort P, Pearson SJ, Mather D. An electromyographical comparison of trunk muscle activity during isometric trunk and dynamic strengthening exercises. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):149-54.
34. Hamlyn N, Behm DG, Young WB. Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities. *J Strength Cond Res.* 2007;21(4):1108-12.
35. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(8):941-4.
36. Butowicz CM, Ebaugh DD, Noehren B, Silfies SP. Validation of Two Clinical Measures of Core Stability. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(1):15-23.
37. Bianco A, Lupo C, Alesi M, Spina S, Raccuglia M, Thomas E, et al. The sit up test to exhaustion as a test for muscular endurance evaluation. *SpringerPlus.* 2015;2(4):309.
38. Roldan-Jimenez C, Bennett P, Cuesta-Vargas AI. Muscular Activity and Fatigue in Lower-Limb and Trunk Muscles during Different Sit-To-Stand Tests. *PLoS One.* 2015;10(10):e0141675.
39. Gnacinski SL, Cornell DJ, Meyer BB, Arvinen-Barrow M, Earl-Boehm JE. Functional Movement Screen Factorial Validity and Measurement Invariance Across Sex Among Collegiate Student-Athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(12):3388-95.
40. Smith CA, Chimera NJ, Wright NJ, Warren M. Interrater and intrarater reliability of the functional movement screen. *J Strength Cond Res.* 2013;27(4):982-7.
41. Hamilton GF, McDonald C, Chenier TC. Measurement of grip strength: validity and reliability of the sphygmomanometer and jamar grip dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1992;16(5):215-9.
42. Tveter AT, Dagfinrud H, Moseng T, Holm I. Measuring health-related physical fitness in physiotherapy practice: reliability, validity, and feasibility of clinical field tests and a patient-reported measure. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014;44(3):206-16.

43. Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3):551-5.
44. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning.* 3 ed Mato Grosso do Sul: Amazon; 2008.
45. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-88.
46. Andrew Thomas BD, Carmel Goodman. The yo-yo test: reliability and association with a 20-m shuttle run and VO(2max). *Int J Sports Physiol Perform.* 2006;1(2):137-49.
47. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.* 2008;38(1):37-51.
48. Vera-Garcia FJ, Elvira JL, Brown SH, McGill SM. Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J Electromyogr Kinesiol.* 2007;17(5):556-67.
49. Escamilla RF, Babb E, DeWitt R, Jew P, Kelleher P, Burnham T, et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. *Phys Ther.* 2006;86(5):656-71.
50. Wirth K, Hartmann H, Mickel C, Szilvas E, Keiner M, Sander A. Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Med.* 2017;47(3):401-14.



**Figura 1** Delineamento do Estudo



**Figura 2** Organização das sessões de treinamento para os grupos Treinamento funcional com *core* e Treinamento funcional sem *core*.



<b>Weeks 1-4</b> <b>Density 30":30"</b>	
<b>Strength</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bird dog</li> <li>2. Opposite leg movement (cross pattern) without touching the foot on the floor. 5 plays each side</li> <li>3. Sling leg squat</li> <li>4. In double, arms outstretched, performed force unlike the partner (sagittal plane)</li> <li>5. Plank Front (With support of both legs)</li> <li>6. Bridge in supine unilateral</li> <li>7. Plank side ( With knee support and hip abduction)</li> <li>8. Unilateral hip bridge.</li> <li>9. Sit Twist</li> <li>10. Superman dynamic</li> <li>11. Clamshell</li> </ol>
<b>Endurance</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hip flexion (flexed leg)</li> <li>2. curl-up</li> <li>3. crush</li> <li>4. sit up ( Holding the foot)</li> <li>5. curl up-twist</li> <li>6. Curl touching heels</li> </ol>

**Table 1.** Core group training from the first to fourth week of intervention

<b>Weeks 5-8</b> <b>Density 40":20"</b>	
<b>Strength</b>	12. Bird dog 13. Opposite leg movement (cross pattern) without touching the foot on the floor. 5 plays each side 14. Single leg squat 15. Squat overloading and maintaining the tension of a mini band 16. Bilateral flexion of the shoulder using elastic overload 17. Plank Front (With support of one arm) 18. Bridge in supine unilateral 19. Plank side ( With knee support and hip abduction) 20. Plank side one on top of the other. 21. Unilateral hip bridge. 22. Superman dynamic 23. Clamshell
<b>Endurance</b>	7. Hip flexion (extended leg) 8. curl-up 9. crush 10. sit up ( Holding the foot) 11. curl up-twist 12. Curl touching heels 13. Extension of the trunk on top of the swim ball (isometric) 14. Bilateral pelvic elevation with overload

**Table 2:** Core group training from the fifth to the eighth week of intervention

<b>Weeks 9-12</b> <b>Density 45":15"</b>	
<b>Strength</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bird Dog</li> <li>2. Unilateral pull with elbow flexion and without abduction of the shoulder (neutral hand)</li> <li>2. Single Leg Squat</li> <li>3. Squat overloading and maintaining the tension of a mini band</li> <li>4. Plank Front ( With elbows resting on a mini disc)</li> <li>5. Bridge in supine unilateral</li> <li>6. Plank Side ( With knee support and hip abduction)</li> <li>7. Unilateral hip bridge</li> <li>8. Bridge in supine bilateral</li> <li>9. Superman isometric</li> <li>10. Side plank ( Fingers of the supporting leg next to the heel of the front leg)</li> <li>11. Clamshell</li> </ol>
<b>Endurance</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Hip flexion (extended leg)</li> <li>16. curl-up</li> <li>17. crush</li> <li>18. sit up ( Holding the foot)</li> <li>19. curl up-twist</li> <li>20. Curl touching heels</li> <li>21. Extension of the trunk on top of the swim ball (dinamic)</li> <li>22. Bilateral pelvic elevation with overload</li> <li>23. Push up (Foot support).</li> <li>24. Curl-up student lying on the side doing trunk flexion</li> </ol>

**Table 3:** Core Group Training from the ninth to twelfth week of intervention

Weeks 1-4 Density 30":30"		
	FT	FTC
<b>Neuromuscular 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frontal displacements <b>(a)</b>/ Side on the ladder of agility <b>(b)</b></li> <li>2. Vertical jump (box) super low, medium <b>(a, b)</b></li> <li>3. Meddle in the Wall <b>(a)</b> / ground <b>(b)</b></li> <li>4. Sprint 20 m with recovery of 20 m <b>(a)</b> / Z igZag displacement passing in front of cone <b>(b)</b></li> <li>5. Hop Training in line/ ZigZag <b>(b)</b></li> <li>6. Jump rope <b>(a)</b> / <b>jumping jacks (b)</b></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frontal displacements <b>(a)</b>/ Side on the ladder of agility <b>(b)</b></li> <li>2. Vertical jump (box) super low, medium <b>(a, b)</b></li> <li>3. Meddle in the Wall <b>(a)</b> / ground <b>(b)</b></li> <li>4. Sprint 20 m with recovery of 20 m <b>(a)</b> / Z igZag displacement passing in front of cone <b>(b)</b></li> <li>5. Hop Training in line/ ZigZag <b>(b)</b></li> <li>6. Rotational with elastic, arms flexed <b>(a,b)</b> #</li> </ol>
<b>Neuromuscular 2</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deadlifth <b>(a)</b> / Front Squat <b>(b)</b></li> <li>2. Pull neutral foot grip <b>(a)</b> / prone <b>(b)</b> Using suspension tape</li> <li>3. farm walk bilateral <b>(a,b)</b></li> <li>4. Forward lunge <b>(a)</b> / Forward Reverse <b>(b)</b></li> <li>5. Push up <b>(a)</b> / Push one-sided with elastic keeping one foot in front and one behind <b>(b)</b></li> <li>6. Unilateral pull with elastic, keeping one foot in front and one behind <b>(a)</b> / Unilateral pull with Kettlebell <b>(b)</b></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deadlifth <b>(a)</b> / Front Squat <b>(b)</b></li> <li>2. Pull neutral foot grip <b>(a)</b> / prone <b>(b)</b> Using suspension tape</li> <li>3. Plank Front <b>(a)</b> / Plank Side one foot on top of the other <b>(b)</b> #</li> <li>4. Forward lunge <b>(a)</b> / Forward Reverse <b>(b)</b></li> <li>5. Push up <b>(a)</b> / Push up <b>(a)</b> / Push one-sided with elastic keeping one foot in front and one behind <b>(b)</b></li> <li>6. Bilateral hip bridge external overload <b>(a)</b>/ Superman bilateral isometric <b>(b)</b>. #</li> </ol>

**Table 4:** Intervention from the first to the fourth week for groups FT (Functional Training Group) and FTC (Functional Training+ Core Group)

<b>Weeks 5-8</b> <b>Density 40":20"</b>		
	<b>FT</b>	<b>FTC</b>
<b>Neuromuscular 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frontal displacements <b>(a)</b>/ Side on the ladder of agility <b>(b)</b></li> <li>2. Vertical jump (box) super low, high <b>(a, b)</b></li> <li>3. Meddle in the Wall <b>(a)</b> / ground <b>(b)</b></li> <li>4. Sprinter with side direction change <b>(a)</b> / ZigZag displacement passing behing of cone <b>(b)</b></li> <li>5. Skip Barrier giving 2 clicks/ Rope Training Rotational <b>(b)</b></li> <li>6. Rope Training in line With small squats <b>(a)</b> / burpee <b>(b)</b>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frontal displacements <b>(a)</b>/ Side on the ladder of agility <b>(b)</b></li> <li>2. Vertical jump (box) super low, high <b>(a, b)</b></li> <li>3. Meddle in the Wall <b>(a)</b> / ground <b>(b)</b></li> <li>4. Sprinter with side direction change <b>(a)</b> / ZigZag displacement passing behing of cone <b>(b)</b></li> <li>5. Skip Barrarier giving 2 clicks/ Rope Training Rotational <b>(b)</b></li> <li>6. Rotational with elastic, arms extended <b>(a, b).</b>#</li> </ol>
<b>Neuromuscular 2</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deadlifth <b>(a)</b> / Front Squat <b>(b)</b></li> <li>2. Pull neutral foot grip <b>(a)</b> / prone <b>(b)</b> Using suspension tape</li> <li>3. farm walk bilateral <b>(a,b)</b></li> <li>4. Bulgarian Squat <b>(a)</b> / Forward walking <b>(b)</b></li> <li>5. Pull up <b>(a)</b> / Push one-sided united feet <b>(b)</b></li> <li>6. Pull <b>(a)</b> / <b>(b)</b> pull with kettlebell</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deadlifth <b>(a)</b> / Front Squat <b>(b)</b></li> <li>2. Pull neutral foot grip <b>(a)</b> / prone <b>(b)</b> Using suspension tape</li> <li>3. Plank Front talking off hand <b>(a,b)#</b></li> <li>4. Bulgarian Squat <b>(a)</b> / Forward walking <b>(b)</b></li> <li>5. Pull up <b>(a)</b> / Push one-sided united feet <b>(b)</b></li> <li>6. Unilateral hip bridge Without overload <b>(a)</b> / Superman<b>(b)#</b></li> </ol>

**Table 5:** Intervention from the Fifth to eighth week for groups FT (Functional Training Group) and FTC (Functional Training+ Core Group)

Weeks 9-12 Density 45":15"		
	TF	TFC
Neuromuscular 1	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Frontal displacements <b>(a)</b>/ Side on the ladder of agility <b>(b)</b></li> <li>8. Vertical jump (box) super low, high <b>(a, b)</b></li> <li>9. Meddle in the Wall <b>(a)</b> / ground <b>(b)</b></li> <li>10. Sprinter with side direction change (Color stimulation for decision making; increased lateral displacement distance <b>(a)</b> / ZigZag Passing in front of the cone <b>(b)</b></li> <li>11. Skip Barrier giving 1 clicks/ Rope Training Rotational <b>(b)</b></li> <li>12. Rope Training in line With small squats <b>(a)</b> / burpee <b>(b)</b>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frontal displacements <b>(a)</b>/ Side on the ladder of agility <b>(b)</b></li> <li>2. Vertical jump (box) super low, high <b>(a, b)</b></li> <li>3. Meddle in the Wall <b>(a)</b> / ground <b>(b)</b></li> <li>4. Sprinter with side direction change (Color stimulation for decision making; increased lateral displacement distance <b>(a)</b> / ZigZag Passing in front of the cone <b>(b)</b></li> <li>5. Skip Barrier giving 1 clicks/ Rope Training Rotational <b>(b)</b></li> <li>6. Rotational with elastic, arms extended, with increased elastic overload. <b>(a, b).#</b></li> </ol>
Neuromuscular 2	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Deadlifth Holding the kettlebell with one Hand<b>(a)</b> / Front Squat <b>(b)</b></li> <li>8. Pull neutral foot grip <b>(a)</b> / prone <b>(b)</b> Using suspension tape</li> <li>9. farm walk unilateral <b>(a,b)</b></li> <li>10. Bulgarian Squat <b>(a)</b> / Forward walking <b>(b)</b></li> <li>11. Pull up <b>(a)</b> / Push one-sided united feet <b>(b)</b></li> <li>12. Pull <b>(a)</b> / <b>(b)</b> pull with kettlebell</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Deadlifth Holding the kettlebell with one Hand<b>(a)</b> / Front Squat <b>(b)</b></li> <li>2. Pull neutral foot grip <b>(a)</b> / prone <b>(b)</b> Using suspension tape</li> <li>3. Plank Front Removing one leg <b>(a,b)</b></li> <li>4. Bulgarian Squat <b>(a)</b> / Forward walking <b>(b)</b></li> <li>5. Pull up <b>(a)</b> / Push one-sided united feet <b>(b)</b></li> <li>6. Unilateral hip bridge With overload <b>(a)</b> / Plank Side <b>(b) #</b></li> </ol>

**Table 6:** Intervention from the Ninth to the twelfth week for groups FT (Functional Training Group) and FTC (Functional ).

## **5. ESTUDO II: A INFLUÊNCIA DA *ENDURANCE* DO CORE NA FUNCIONALIDADE DE JOVENS ADULTOS**

**Intenção de Publicação:** *Journal Strength Conditioning Research* (LWW)

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar a associação entre a *endurance* do *core* e medidas de performance funcional em indivíduos jovens. Participaram da amostra setenta e quatro indivíduos jovens saudáveis e insuficientemente ativos. A *endurance* do *core* foi medida através do protocolo de McGill, composto pelos testes: *trunk flexion*, *back extension*, *side bridge*. Já a *performance* funcional foi avaliada por meios dos testes: *Push up*, *sit to stand*, *t- run agility test*, *counter movement jump*, *yo-yo test*, força dinâmica máxima (1RM) e potência muscular nos aparelhos: *bench press*, *pull row* e *leg press*. Foi realizado um modelo de regressão múltipla. A variável *endurance* do *core*, representada pela interação entre as variáveis *tunk Flexion*, *back extension*, *side bridge* foi utilizada como variável independente. Cada variável de performance funcional foi utilizada como dependente no modelo. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Os achados desse estudo demonstraram que há uma participação da *endurance* do *core* que varia entre 1,4 e 46,9 % a depender do teste funcional executado. Ademais, a maioria dessas interações foram estatisticamente significativas. Assim, conclui-se que a *endurance* do *core* é importante para a funcionalidade de jovens adultos e que, quando incluído exercícios específicos para o *core* no treinamento funcional, os ganhos referentes à *performance* funcional e do *core* são potencializados.

**Palavras- chave:** Força do *core*, estabilidade lombo pélvica, *performance* esportiva.



## 5.1 INTRODUÇÃO

O *core* ou zona média do corpo proporciona a produção e transferência de força do centro para as extremidades, de forma que haja uma movimentação distal com estabilidade proximal das vertebrae da coluna (3). O termo estabilidade do *core* refere-se à interação entre os subsistemas passivos ativos e neural com o intuito de manter ou retornar o posicionamento do tronco sobre a pelve, reagindo a estímulos de origem interna e externa. Já a força do *core* é a capacidade de contração muscular, ou seja dos músculos que compõem o subsistema ativo(4, 6-8). Esta força pode ser avaliada desde a perspectiva da força máxima, potência ou ainda em relação a capacidade manter uma força ao longo do tempo (força-resistência/ *endurance*)(7).

Dado o reconhecimento da importância do *core* no contexto esportivo(8) e da reabilitação(5), autores tem buscado investigar a sua contribuição para o rendimento de tarefas esportivas(9-11), seja na perspectiva da estabilidade(12), ou da capacidade muscular(13, 14). Os estudos são contraditórios ao avaliarem a relação entre a *endurance* do *core* e *performance* atlética. Nesser(9) e colaboradores encontraram uma correlação moderada entre este parâmetro do *core* e variáveis do desempenho esportivo de jogadores de futebol, não obstante essa relação não foi encontrada em atletas amadores(10). Já em uma população de idosos, a morfologia (CSA) e força (Neltons) do *core* influência na habilidade funcional desta população.

Assim, parece plausível observar que diferentes componentes da força do *core* (máxima ou *endurance*) pode influenciar de maneira distinta a depender da população analisada (atletas ou idosos). No entanto, ao nosso conhecimento não está claro qual a influência da força-resistência/*endurance* do *core* em testes de caráter funcional em uma população de indivíduos não atletas e jovens. Isso ajudaria a compreender a contribuição da *endurance* do *core* durante a realização de atividades da vida diária, facilitando assim a prescrição de treinamentos que busquem melhorar/ manter a funcionalidade dessa população.

Em relação a *endurance*, é sugerido a hipótese de que esse parâmetro do *core* desempenha um papel fundamental para proporcionar maior estabilidade a

zona média (18). Além disso, no dia- dia de um indivíduo não atleta, é necessário que os músculos do *core* mantenham uma ativação de maneira constante (*endurance*). Desta maneira, poderia haver uma relação entre a *endurance do core* e o rendimento em testes de caráter funcional (*performance funcional*), visto que a *endurance* proporcionaria uma melhora na estabilidade da zona média e por conseguinte uma otimização da cadeia cinética funcional (distribuição de força do *core* para as extremidades).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a associação entre a *endurance do core* e medidas de performance funcional em indivíduos jovens.

## 5.2 MÉTODOS

### Abordagem experimental para o problema

Pesquisas anteriores não conseguiram identificar a relação entre a *endurance do core* e a performance atlética. Entretanto, o presente estudo buscou analisar a possível relação entre a *endurance do core* e a performance funcional de jovens.

Para fazê-lo, um design de regressão multivariado foi utilizado. As variáveis independentes foram as medidas da musculatura central: extensão e flexão do tronco, musculatura lateral direita e esquerda do tronco. As variáveis dependentes foram: Functional movement Screen (FMS), Counter movement screen (CMJ), sentar e levantar da cadeira, flexão em um minuto, T test Agility, yo-yo IR1, força dinâmica máxima e potência nos aparelhos: *bench press*, *leg press* e *pull row*.

### Sujeitos

Participaram desse estudo setenta e quatro indivíduos jovens saudáveis, classificados como insuficientemente ativos de acordo com o questionário de nível de atividade física (IPAQ) e que não realizaram nenhum tipo de exercício físico nos últimos três meses. Os sujeitos tinham entre 18 e 45 anos e assinaram o termo de consentimento e livre esclarecido. Foram excluídos da amostra os indivíduos que: a) sentiram dor lombar nos últimos seis meses; b) instabilidade no tornozelo; c) possuíam doenças metabólicas (diabetes, hipertensão, dislipidemias), problemas osteoarticulares ou de ordem musculoesquelética. O

presente estudo foi aprovado pelo comitê Regional da Universidade Federal De Sergipe (CAAE: 68725017.3.0000.5546). Toda a investigação esteve em conformidade com o Código de Ética da Associação Médica Mundial (Declaração de Helsinque)

## Procedimentos

Todos os indivíduos foram informados sobre as expectativas e procedimentos do estudo, bem como familiarizados com os testes. Um cronômetro (AccuSplit 705x, AccuSplit, Inc., Pleasanton, CA, EUA; 0,01 s precisão) foi utilizado para medir o tempo em segundos dos testes de *endurance* do *core*. Esses foram compostos pelos testes: *trunk flexion*, *back extension*, *side bridge*. Já a *performance* funcional foi avaliada através dos testes: *Push up*, *sit to stand*, *t- run agility test*, *counter movement jump*, *yo-yo test*, força dinâmica máxima (1RM) e potência muscular nos aparelhos: *bench press*, *pull row* e *leg press*.

## Medidas

Todos os procedimentos/ protocolos dos testes utilizados durante o presente estudo, incluindo instrumentos e quantidade de tentativas foram publicados em estudo anterior, com exceção do protocolo de potência muscular.

Para avaliação da potência muscular foi utilizado 50% da carga de uma repetição máxima (1RM) previamente estabelecida em estudo anterior(19). Os aparelhos utilizados foram: *bench press*, *pull row* e *leg press*. Realizou-se um aquecimento prévio de 10 repetições com carga de 30% de 1RM. Em seguida o indivíduo foi incentivado verbalmente a realizar a fase concêntrica do exercício na maior velocidade possível. A angulação da fase concêntrica foi controlada por um profissional de educação física experiente. O teste foi interrompido quando houve decréscimo na velocidade de execução. Utilizou-se um *encoder* linear conectado a um sistema integrado de análise de dados. A velocidade foi utilizada para calcular a potência (watts) utilizando um *software* denominado Musclab®

## **Análise Estatística**

Estatística descritiva foi realizada para todos os dados. Relações entre as variáveis foram determinadas utilizando regressões múltiplas bivariada, do tipo Stepwise backward para definir o melhor preditor (s) de potência estatística. A variável *endurance* do *core*, representada pela interação entre as variáveis *trunk Flexion*, *back extension*, *side bridge* foi utilizada como variável independente. Cada variável de performance funcional foi utilizada como dependente no modelo. O nível de significância foi estabelecido em 5%. O programa estatístico SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) foi utilizado para todas as análises.

## **5.3 RESULTADOS**

A média e desvio padrão para as variáveis de *core* e *performance* funcional estão descritas na tabela 7. A regressão multivariada identificou que a união/soma das três variáveis preditoras conseguiu exercer maior potência estatística para explicar as variáveis dependentes. Nas tabelas 8 e 9 são apresentados os valores de  $r^2$  e valor de  $p$  (significância) da interação entre a *endurance* do *core* e cada variável de performance funcional.

## **5.4 DISCUSSÃO**

Estudos prévios, relatam que há uma produção de força do *core*, e que esta é dissipada do centro para as extremidades, de forma que haja a transferência de energia para proporcionar a movimentação das extremidades de maneira eficiente(20-22). No entanto, essa relação foi pouco estabelecida por pesquisas anteriores, ou seja, não se sabe ao certo, em que medida o *core* realmente participa da movimentação segmentária. Sendo assim, o principal achado desse estudo foi que a *endurance* do *core*, contribui de maneira significativa na *performance* funcional de jovens adultos, influenciando em até 46,9%. Ao nosso conhecimento, o presente estudo foi o primeiro a avaliar essa população, na perspectiva de explicar variáveis de performance, predizendo-as por meio da *endurance* do *core*.

Os estudos que propuseram investigar a relação entre *endurance* do *core* e performance, também utilizaram o protocolo do McGill (9, 10, 23), que dentre as possibilidades de avaliação, foi designado para medir a *endurance* da zona (24)média, ou seja, a capacidade da sua musculatura em sustentar uma contração prolongada, além de ter sido demonstrado sensível as alterações advindas do treinamento do *core*(25). Diferente da maioria dos estudos que realizaram uma correlação de Pearson, explicado apenas a relação *endurance* do *core* e performance. O presente estudo utilizou regressão múltipla, o que permite uma associação/ explicação de qual o percentual de contribuição da *endurance* do *core* em cada teste de performance utilizado. *Endurance* essa, representada pela interação entre os testes *trunk flexion*, *back extension*, *side bridge*, que avaliam de forma complementar a musculatura anterior, posterior e lateral do tronco, respectivamente.

Quando a média de cada teste (*trunk flexion*:  $106,32 \pm 41,8$ ; *back extension*  $94,0 \pm 31,5$ ; *side bridge*  $50,4 \pm 21,8$ ), são analisadas de forma separada (Tabela 1), é possível observar que os flexores do tronco obtiveram uma maior pontuação em relação a avaliação dos outros testes (*back extension* e *side bridge*), além disso, os valores do *side bridge* obteve um resultado menor em relação aos outros dois testes, chegando a quase metade do *trunk flexion Test*. Esses resultados corroboram e vão de encontro com outros estudos, como é o caso de Tse et al(26), que avaliaram remadores jovens com média de 20 anos, e que também encontraram valores mais altos no *trunk flexion Test* o que foi justificado pelos autores pelo fato da própria característica do esporte, em que o tronco permanece levemente flexionado, ou ainda pela característica do teste, em que quando o indivíduo permanece mais curvado (ombros projetados para frente / angulação menor que  $60^\circ$ ) tem uma menor ativação dos flexores, facilitando assim a execução do teste. Entretanto, os autores não encontraram valores tão baixos em relação ao *side bridge*, que avalia a musculatura responsável por flexionar lateralmente o tronco, além de realizar rotações. Os nossos resultados não corroboram com os encontrados por McGill et al (24) encontraram valores bem acima dos resultados deste estudo (*trunk flexion*:  $147,0 \pm 90,0$ ; *back extension*  $171,0 \pm 60,0$ ; *side bridge*  $81,0 \pm 34,0$ ), entretanto apesar da amostra utilizada pelos autores ter características antropométricas e idade que coincidem

com as utilizadas no presente estudo, os autores não definiram o nível de condicionamento da amostra utilizada, o que pode ser influenciado no desfecho. Assim, ao que parece, que a *endurance* do *core* pode mudar de acordo com o nível de condicionamento dos indivíduos.

Além do nível de condicionamento físico, distintas variáveis do *core* (*endurance*, força, estabilidade) podem influenciar de maneira diferente em cada população. Segundo Sinkler et al.(11) dada a característica dinâmica e intermitente da performance atlética, os testes de *endurance* estática do *core* não são sensíveis para medir o papel do funcional do *core* em uma população de atletas saudáveis. Entretanto, no presente estudo, mesmo a *endurance* sendo avaliada de maneira estática, houve influência na *performance* de jovens adultos. Isso nos leva a crer que o *core* manifesta-se de diferentes formas dada a sua utilização em tarefas desportivas ou atividades da vida diária, exercendo assim o papel funcional. Assim, tem sido preconizado avaliar o *core* sobre uma perspectiva funcional. Barbado et al.(12), compararam atletas profissionais de judô e canoagem com atletas recreacionais sem histórico de treinamento específico. Para isso, realizaram dois diferentes protocolos biomecânicos de avaliação do *core*: 1) Protocolo de carga súbita, para avaliar a resposta do tronco a cargas externas, que foram desprendidas de forma rápida e inesperada; 2) Protocolo do assento instável e estável, para avaliar a habilidade do tronco de manter e controlar a postura do tronco enquanto o indivíduo permanecia sentado. As variáveis coletadas foram  $k$  (rigidez/ stiffeners),  $\beta$  (amortecimento),  $\Theta$  (deslocamento angular), MRE (Desempenho do tronco em relação ao seu deslocamento do centro de gravidade). Os autores confirmaram a suas hipóteses, em que os judocas tinham um menor deslocamento angular do tronco quando comparado aos canoístas e esportistas amadores, além de uma maior rigidez no sentido latero-lateral, quando realizado o protocolo de carga súbita. Já os canoístas apresentaram um menor deslocamento do centro de gravidade (MRE) quando realizado o protocolo do assento instável, dada a condição específica de ambos os esportes em que um é necessário responder a um estímulo externo e não esperados (judô) e o outro a estímulos constantes em uma base instável (canoístas).

Outrossim, não apenas a característica da avaliação do *core* influenciam de maneira distinta, bem como a força e morfologia de cada musculatura que o compõe. Idosos que apresentam dor lombar crônica possuem menor área de secção transversa dos eretores da espinha e maior gordura intramuscular nos músculos multifídios(16), bem como a força máxima da musculatura flexora do tronco influência de maneira mais efetiva na funcionalidade dessa população(17).

Assim, a maior parte dos testes de *performance* funcional avaliados no presente estudo de alguma maneira, sofreram contribuição da *endurance* do *core*. Como é o caso dos testes que avaliaram a funcionalidade, seja na perspectiva de como o sujeito se movimenta (*Functional Movement Screen*, 20,9%), de como senta e levanta de uma cadeira (*sit to stand*, 19,8%) ou empurra o solo para se levantar do chão, exercendo uma força contra a gravidade (*Push up*, 15,7%).

Em relação a qualidade de movimento, Okada(10) et al. afirmaram que não houve correlação entre os sete movimentos que compõem o Functional movement Screen e os testes *trunk flexion*, *back extension* e *side bridge*. Entretanto além de não ter sido utilizado o score total do FMS, a amostra do estudo de Okada e colaboradores foi de atletas recreacionais, o que pode justificar a diferença entre os resultados. Isso pode ser ratificado, quando analisamos no presente estudo, a interação entre os três testes que compõe a bateria de McGill, ou quando o fazemos de maneira separada. No primeiro caso ocorre um maior poder preditor para a qualidade de movimento. De maneira prática, analisamos a musculatura do *core* de forma separada, cada musculo irá influenciar de maneira distinta na qualidade de movimento, sendo os flexores laterais do tronco serão o que mais influenciarão. Entretanto, o modelo de regressão múltipla, nos demonstra que quando o sujeito se movimenta (qualidade de movimento) há a interação sinérgica entre a musculatura do *core* para que haja a movimentação dos membros superiores e inferiores.

Já para a força resistência de membros inferiores a (*sit to stand*) avaliada por meio de uma das ações mais funcionais do ser humano, a de sentar e levantar. Roldán-Jiménez (27) e colaboradores avaliaram três distintas condições do teste *sit to stand*. Na primeira e segunda condição foram realizadas 5 a 10 séries respectivamente, ambas ocorreram a uma velocidade de 40 beats por minutos (controlada por um metrônomo). Já a última condição foi o máximo de repetições

em 30 segundos. Eles observaram que na última condição houve um aumento na ativação muscular dos eretores da espinha, e que em todas as condições os músculos que mais participaram dessa ação de sentar e levantar da cadeira foi o: tibial anterior (23-26%), quadríceps (20-21%) e reto abdominal (17-18%) e eretores da espinha (10%). Esse achado demonstra que apenas com a sobrecarga do próprio peso corporal há uma contribuição no que se refere a músculos globais do core a partir de 30 segundos da ação de sentar e levantar da cadeira. Na presente amostra, o teste *sit to Stand* teve a duração de um minuto, o que caracteriza-se como uma ação de *endurance*, assim como o teste do estudo citado anteriormente.

Por fim, ao se tratar da ação de empurrar, avaliada através do teste *Push up*, Calatayud e colaboradores (28) identificaram que há uma ativação de menos de 20% da MVIC (Máxima contração isométrica voluntária máxima) do músculo reto abdominal, quando avaliado jovens ativos. E essa ativação foi maior quando comparado ao exercício *bench press* (85 de 1RM), demonstrando o papel funcional do reto do abdômen em segurar as vísceras quando o tronco é submetido a uma maior pressão intra-abdominal, que no caso do *push up* advem da gravidade, diferentemente do *bench press* em que por conta das costas estarem apoiadas no baco, a musculatura flexora do tronco é menos solicitada. Assim, ao que parece, dado o posicionamento do corpo determinada musculatura do core participa de maneira mais efetiva ou não.

Os resultados da associação entre a *endurance* do core e o *yo-yo IR1* e *T-test* foi de 46,9% e 3,6%, respectivamente, sendo essa última não significativa. Entretanto, outros artigos recentes (15, 29) tem sido publicadas no sentido de investigar a relação entre *endurance* do core e ação de correr. Nesse sentido, Tong (15) e colaboradores avaliaram a *endurance* do core de corredores amadores, por meio de um teste estático (*Specific endurance plank test performance*). Seus resultados apontaram que a *endurance* influenciou 47,1% na economia de corrida e 32,5% na *performance* de um teste de esteira de uma hora (*1 hr running performance*). Já Kubo et al. (30), associaram a área de secção transversa dos músculos do tronco a um Sprint de 20 metros e observaram que os músculos quadrado lombar e eretores da espinha influenciaram de maneira significativa nesse tipo de corrida. Isso nos leva a crer que o tempo e a magnitude



da utilização dos músculos do *core* durante a corrida, é influenciada pelo tempo ou a distância em que o indivíduo necessita permanecer durante essa ação, em distancia menores que 20 metros, como é o caso do T-teste, a *endurance* não é requisitada. Possivelmente, outras variáveis podem ser utilizadas, como a estabilidade- avaliada do ponto de vista de responder a determinado estímulo, para que ocorra de maneira eficiente a troca de direção, entretanto essa hipótese deve ser testada por estudos futuros.

Outro aspecto, é que a intensidade pode influenciar no recrutamento do *core*, dado que nos testes de 1RM a *endurance* exerceu uma maior participação que os testes de potência, em que foi utilizado 50% de 1RM. Outra variável que avaliou a potência dos membros inferiores foi o CMJ, em que foi utilizado a força elástica para gerar a máxima potência durante a execução de um salto. Dentre os testes de *performance* utilizados foi o que não teve influência na *endurance*. Embora esse achado corrobora com o estudo de Nesser et al.(9), outros estudos necessitam ser realizados nesse sentido, já que não foi significativo.

## 5.5 CONCLUSÃO

Existe uma associação de 1,4 a 46,9 % entre a *endurance* do *core* e a *performance* funcional em indivíduos jovens.

## 5.6 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Diante do exposto. A *endurance* do *core* é importante para a funcionalidade de jovens adultos. Assim, parece plausível que exercícios específicos como prancha frontal e lateral, elevação pélvica, sejam incluídos em sessões de treinamento com o objetivo de melhorar a função, principalmente o que cerne a qualidade de movimento e a capacidade de correr de maneira intermitente.

**Table 7:** Valores descritivos das variáveis do core e performance funcional

<b>Variável</b>	<b>Média e DP</b>
<i>Trunk flexion (s)</i>	106,32 ± 41,8
<i>Back extension (s)</i>	94,0 ± 31,5
<i>Side bridge (s)</i>	50,4 ± 21,8
<i>Functional Movement Screen (score)</i>	13,4 ± 2,0
<i>Counter Movement Squat (cm)</i>	14,3 ± 3,4
<i>Sit to Stand (repetições)</i>	42,3 ± 7,3
<i>Push Up</i>	18,6 ± 8,0
<i>Pull Row (Kg)</i>	18,6 ± 10,1
<i>Bench Press(Kg)</i>	45,8 ± 21,6
<i>Leg Press(Kg)</i>	364,8 ± 100,9
<i>Pull (Whatts)</i>	256,07 ± 107,7
<i>Bench Press (Whatts)</i>	147,7 ± 100,5
<i>Leg Press (Whatts)</i>	857,7 ± 277,2
<i>T- Test Agility</i>	12,2 ± 1,8
<i>Yo- yo Test</i>	299,6 ± 147,8

**Table 8:** Associação entre a endurance do core e as variáveis dependentes.

	Variável	R²	β	Significância do R²	R² Individual
CMJ (cm)					
Modelo	Trunk flexion (s)	0,014	0,05	0,8	0,096
	Back extension (s)		0,02		0,003
	Side Bridge (s)		0,06		0,075
FMS (score)					
Modelo	Trunk flexion (s)	0,209	0,02	<0,001	0,043
	Back extension (s)		0,14		0,096
	Side Bridge (s)		0,38		0,194
Sit To Stand (repetições)					
Modelo	Trunk flexion (s)	0,198	0,13	<0,001	0,003
	Back extension (s)		0,07		0,000
	Side Bridge (s)		0,48		0,171
Push up (repetições)					
Modelo	Trunk flexion (s)	0,157	0,10	<0,001	0,075
	Back extension (s)		0,20		0,008
	Side Bridge (s)		0,31		0,126
T-Test (s)					
Modelo	Trunk flexion (s)	0,036	0,13	0,4	0,011
	Back extension (s)		0,01		0,028
	Side Bridge (s)		0,10		0,023
Yo- yo Test (m)					
Modelo	Trunk flexion (s)	0,469	0,13	<0,001	0,098
	Back extension (s)		0,19		0,017
	Side Bridge (s)		0,40		0,104

**CMJ:** Counter Movement Jump; **FMS:** Functional Movement Screen;

**Tabela 9:** Associação entre a *endurance* do core e as variáveis dependentes de força dinâmica máxima e potência.

	Variável	R²	β	Significância do R²	R² Individual
<b><i>Pull Row (Kg)</i></b>					
Modelo	<i>Trunk flexion (s)</i>	0,144	0,25	<0,005	0,012
	<i>Back extension (s)</i>		0,09		0,006
	<i>Side Bridge (s)</i>		0,31		0,065
<b><i>Bench Press (Kg)</i></b>					
Modelo	<i>Trunk flexion (s)</i>	0,139	0,28	<0,001	0,018
	<i>Back extension (s)</i>		0,12		0,07
	<i>Side Bridge (s)</i>		0,34		0,081
<b><i>Leg Press (Kg)</i></b>					
Modelo	<i>Trunk flexion (s)</i>	0,139	0,13	<0,001	0,063
	<i>Back extension (s)</i>		0,17		0,007
	<i>Side Bridge (s)</i>		0,32		0,121
<b><i>Pull Row (W)</i></b>					
Modelo	<i>Trunk flexion (s)</i>	0,09	0,24	>0,05	0,003
	<i>Back extension (s)</i>		0,05		0,024
	<i>Side Bridge (s)</i>		0,29		0,027
<b><i>Bench Press (W)</i></b>					
Modelo	<i>Trunk flexion (s)</i>	0,118	0,31	<0,005	0,006
	<i>Back extension (s)</i>		0,11		0,014
	<i>Side Bridge (s)</i>		0,31		0,053
<b><i>Leg Press (Kg)</i></b>					
Modelo	<i>Trunk flexion (s)</i>	0,124	0,19	<0,001	0,016
	<i>Back extension (s)</i>		0,06		0,000
	<i>Side Bridge (s)</i>		0,36		0,099

## 5.7 REFERÊNCIAS

1. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-9; discussion 97.
2. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):390-6; discussion 7.
3. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006;36(3):189-98.
4. Wirth K, Hartmann H, Mickel C, Szilvas E, Keiner M, Sander A. Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Med.* 2017;47(3):401-14.
5. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):316-25.
6. Silfies SP, Ebaugh D, Pontillo M, Butowicz CM. Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(5):360-8.
7. Vera-García FJ, Barbado D, Moreno-Pérez V, Hernández-Sánchez S, Juan-Recio C, Elvira JLL. Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Rev Andai Med Deporte.* 2015;8(2):79-85.
8. Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Med.* 2008;38(12):995-1008.
9. Nesser TW, Huxel KC, Tincher JL, Okada T. The relationship between core stability and performance in division I football players. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1750-4.
10. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):252-61.
11. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):373-80.
12. Barbado D, Barbado LC, Elvira JLL, Dieen JHV, Vera-Garcia FJ. Sports-related testing protocols are required to reveal trunk stability adaptations in high-level athletes. *Gait Posture.* 2016;49:90-6.
13. Escamilla RF, Lewis C, Pecson A, Imamura R, Andrews JR. Muscle Activation Among Supine, Prone, and Side Position Exercises With and Without a Swiss Ball. *Sports Health.* 2016;8(4):372-9.

14. Mok NW, Yeung EW, Cho JC, Hui SC, Liu KC, Pang CH. Core muscle activity during suspension exercises. *J Sci Med Sport*. 2015;18(2):189-94.
15. Tong TK, McConnell AK, Lin H, Nie J, Zhang H, Wang J. "Functional" Inspiratory and Core Muscle Training Enhances Running Performance and Economy. *J Strength Cond Res*. 2016;30(10):2942-51.
16. Sions JM, Elliott JM, Pohlig RT, Hicks GE. Trunk Muscle Characteristics of the Multifidi, Erector Spinae, Psoas, and Quadratus Lumborum in Older Adults With and Without Chronic Low Back Pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2017;47(3):173-9.
17. Shahtahmassebi B, Hebert JJ, Hecimovich MD, Fairchild TJ. Associations between trunk muscle morphology, strength and function in older adults. *Sci Rep*. 2017;7(1):10907.
18. Franklin TC, Granata KP. Role of reflex gain and reflex delay in spinal stability--a dynamic simulation. *J Biomech*. 2007;40(8):1762-7.
19. Marta, Santos S, Vera-Garcia FJ, Da LM, Chaves S, Brandão LHA, et al. Does core exercises important to functinal training protocols? *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2017.
20. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(22):2640-50.
21. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*. 1997;77(2):132-42; discussion 42-4.
22. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res*. 1997;114(2):362-70.
23. Ambegaonkar JP, Cortes N, Caswell SV, Ambegaonkar GP, Wyon M. Lower extremity hypermobility, but not core muscle endurance influences balance in female collegiate dancers. *Int J Sports Phys Ther*. 2016;11(2):220-9.
24. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(8):941-4.
25. Allen BA, Hannon JC, Burns RD, Williams SM. Effect of a core conditioning intervention on tests of trunk muscular endurance in school-aged children. *J Strength Cond Res*. 2014;28(7):2063-70.
26. Tse MA, McManus AM, Masters RS. Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *J Strength Cond Res*. 2005;19(3):547-52.
27. Roldan-Jimenez C, Bennett P, Cuesta-Vargas AI. Muscular Activity and Fatigue in Lower-Limb and Trunk Muscles during Different Sit-To-Stand Tests. *PLoS One*. 2015;10(10):e0141675.

28. Calatayud J, Borreani S, Colado JC, Martin F, Rogers ME. Muscle activity levels in upper-body push exercises with different loads and stability conditions. *Phys Sportsmed*. 2014;42(4):106-19.
29. Tong TK, Wu S, Nie J, Baker JS, Lin H. The occurrence of core muscle fatigue during high-intensity running exercise and its limitation to performance: the role of respiratory work. *J Sports Sci Med*. 2014;13(2):244-51.
30. Kubo T, Hoshikawa Y, Muramatsu M, Iida T, Komori S, Shibukawa K, et al. Contribution of trunk muscularity on sprint run. *Int J Sports Med*. 2011;32(3):223-8.

**6. ESTUDO III: É IMPORTANTE INCLUIR EXERCÍCIOS ESPECÍFICOS DO CORE NO TREINAMENTO FUNCIONAL? UM ESTUDO RANDOMIZADO E CONTROLADO**

**Intenção de Publicação:** *Journal Strength Conditioning Research (JWW*



## RESUMO

Analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento específico do *core* e treinamento funcional - com e sem a inclusão de exercícios específicos do *core*-, sobre: a) *performance* do *core* e b) *performance* funcional. Sessenta sujeitos participaram do estudo, dentre eles homens e mulheres. Os indivíduos foram alocados em três grupos. Dois grupos realizavam treinamento funcional com (TFC) e sem (TF) a inclusão de exercícios específicos para o *core* e um grupo realizava o treinamento do *core* (TC). A sessão de treinamento de todos os grupos era de 50-60 minutos com frequência semanal de três vezes, durante 12 semanas. No momento pré e pós intervenção foram executados os seguintes testes: Bateria de Teste de Resistência Muscular do Tronco de McGill, teste unilateral de elevação pélvica, *sit up* test, Isometric deadlifth, *push up*, *sit to stand*, *functional movement screen*, *handgrip test*, *countermovement maximal vertical jump test*, 1RM no Supino reto, *Les Press* e remada, T teste de agilidade e *yo-yo* IR1. Os resultados demonstram que os três grupos melhoraram após 12 semanas de treinamento nas variáveis analisadas, entretanto não houve diferença estatística entre eles. Esse estudo demonstrou que com 12 semanas de treinamento funcional com caráter multicomponente que inclui exercícios multiarticulares é possível gerar adaptações não apenas na *performance* funcional como do *core* em indivíduos insuficientemente ativos. Além disso, essas mesmas adaptações são alcançadas com o treinamento específico do *core*. Com isso, indivíduos com baixo nível de condicionamento físico podem iniciar um processo de treinamento utilizando o treinamento específico do *core*.

**Palavras-Chave:** Dor lombar crônica, desempenho atlético, reabilitação.

## 6.1 INTRODUÇÃO

O treinamento funcional, também denominado de treinamento multicomponente, híbrido ou ainda multimodal, vem ganhando destaque na indústria do fitness, sendo considerado uma alternativa ao treinamento tradicional neuromuscular realizado em máquinas. Esse tipo de treinamento deve ser compreendido na perspectiva do princípio da funcionalidade, o qual preconiza a realização de movimentos integrados e multiplanares, que implicam em desaceleração, estabilização e tem como objetivo aprimorar a habilidade de movimento e eficiência neuromuscular em atividades seja da vida diária ou esportiva (1-3).

Nesse sentido, são utilizados exercícios multiarticulares que remetem à ações funcionais presentes na vida diária da maioria das pessoas, como por exemplo agachar, puxar, empurrar e transportar. Além disso, busca gerar adaptações multisistêmicas através da combinação de mais de um componente da aptidão física em uma única sessão de treinamento, a exemplo da força, agilidade, velocidade e coordenação (3-5). Dada essas características do treinamento funcional, ou seja de ser multicomponente e incluir exercícios multiarticulares, alguns autores afirmam que este é capaz de gerar adaptações positivas a nível de *core* / zona média (1-3). Entretanto, ao nosso conhecimento, esses efeitos ainda não foram testados.

Estudos transversais tem constatado que exercícios multiarticulares proporcionam razoável ativação de alguns músculos do *core*, como extensores e flexores do tronco (6, 7). Porém, esses resultados não podem ser extrapolados em relação aos efeitos ao longo do tempo em diferentes variáveis que explicam o comportamento do *core*, como a estabilidade e a *endurance*.

Ademais, exercícios específicos para a musculatura do *core* como a prancha frontal, elevação pélvica, prancha lateral, *sit-ups* e *crunchs*, são comumente acrescentados em sessões de treinamento funcional (4, 5). Apesar de serem utilizados para reforçar, em particular os músculos do tronco ou melhorar a capacidade de ativá-los seletivamente, parece surpreendente encontrar alguns desses exercícios em uma situação da vida diária ou esportiva, o que pode ir de

encontro ao princípio da funcionalidade (8). Assim, ao nosso conhecimento, nenhuma investigação analisou a contribuição da utilização de exercícios específicos do *core* em um programa de treinamento funcional, o que colaboraria para a prática de profissionais da área da ciências do esporte, possibilitando uma tomada decisão acerca da utilização desses exercícios no treinamento funcional.

Esses exercícios também são utilizados no treinamento do *core*, e seus efeitos sobre o *core* e a funcionalidade tem sido elucidados no contexto da reabilitação e do desempenho esportivo (9-11). Entretanto, pouco se sabe sobre qual a influência do treinamento do *core* na *performance* funcional e do *core* em uma população de jovens saudáveis e se essas possíveis adaptações são maiores do que o treinamento funcional.

Portanto este estudo teve como proposito analisar os efeitos de 12 semanas de treinamento especifico do *core* e treinamento funcional - com e sem a inclusão de exercícios específicos do *core*-, sobre: a) *performance* funcional b) *performance* do *core*.

## 6.2 MÉTODOS

### Abordagem experimental para o problema

Exercícios específicos para o *core* são comumente utilizados no treinamento funcional, entretanto não está claro se essa inclusão é necessária para que haja melhoras na *performance* funcional e do *core* de jovens adultos. Além disso os efeitos do treinamento especifico do *core* nessa população tem sido pouco investigado na literatura. Compreender esses aspectos ajudará a profissionais da área na toma de decisão acerca da periodização do treinamento funcional e do *core*. Para isso será utilizado um design de medidas repetidas composto com três grupos em dois distintos momentos.

## Sujeitos

Sessenta indivíduos jovens universitários participaram do estudo ( $25,9 \pm 6,6$  anos;  $68,0 \pm 11,8$  kg;  $1,66 \pm 0,9$  m;  $23,4$  kg/m<sup>2</sup>), sendo 24 homens ( $26,0 \pm 6,5$  anos;  $74,6 \pm 12,8$  kg;  $1,74 \pm 0,08$  m;  $19,0 \pm 6,8$  Kg/m<sup>2</sup>) e 36 mulheres ( $23,8 \pm 6,7$  anos;  $64,6$  kg;  $1,62 \pm 0,06$  m;  $25,0 \pm 5,3$  Kg/m<sup>2</sup>). Os indivíduos foram classificados como insuficientemente ativos, de acordo com o questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) (12). Foram incluídos os indivíduos insetos de dor lombar nos últimos seis meses e que não apresentaram alguma disfunção a nível musculoesquelético e metabólico, com idade entre 18 e 40. Foram excluídos do estudo os indivíduos que realizaram menos de 85% do treinamento. Os participantes foram inicialmente informados sobre os riscos e benefícios e finalidades do estudo e assinaram termo de livre esclarecimento. Também foram informados que em qualquer momento poderiam desistir de participar da pesquisa, sem quais quer prejuízos. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê De Ética e Pesquisa da Universidade Federal De Sergipe (053820/2017). Toda a investigação esteve em conformidade com o Código de Ética da Associação Médica Mundial (Declaração de Helsinque).

## Procedimentos

O estudo caracteriza-se como experimental. Os participantes foram alocados randomicamente em dois grupos que realizavam treinamento funcional com (TFC) e sem (TF) a inclusão de exercícios específicos para o *core* e um grupo que realizava um treinamento específico para o *core* (TC). A randomização foi do tipo blocada, tendo como principais variáveis de desfecho a força e *endurance*. Os indivíduos treinavam três vezes por semana, com um volume de 50 minutos por sessão, por um período de 12 semanas. Todo o protocolo do estudo, incluindo medidas e processo de intervenção desenvolvido, foi publicado em um estudo anterior (13). Cabe ressaltar, que foram realizadas algumas alterações metodológicas devido a percalços logísticos e técnicos na pesquisa, como: a não realização dos testes *isometric deadlift*, pressão manual e monitoramento da frequência cardíaca durante os treinamentos. Além disso, os indivíduos passaram a ser classificados como insuficientemente ativos de acordo com o questionário (12).

## *Medidas*

### *Testes do core*

#### *Core Isometric Endurance*

Para avaliar a resistência estática do *core*, foi utilizado o protocolo de McGill et al.(14), composto por quatro testes que avaliam a musculatura anterior (*Exercise flexion*), posterior (*Exercise extensor*), e lateral do tronco (*side bridge exercise*). O indivíduo foi encorajado a permanecer na posição (previamente explicada) de cada teste durante o máximo tempo possível. Os resultados foram expressos em segundos. No teste *side bridge*, foi utilizado a média entre o lado direito e esquerdo.

#### *Estabilidade Lombo pélvica*

Com o objetivo de avaliar a estabilidade lombo pélvica, aplicou-se o Teste de Elevação Pélvica Unilateral (TEPU), em que o sujeito realizou uma elevação pélvica unilateral estática, permanecendo nessa posição o maior tempo possível. Não foi permitida uma alteração no alinhamento da pelve maior que 10°(medida avaliada com inclinômetro). Duas tentativas foram realizadas (para cada membro) e a média entre elas considerada. Uma média desses dois resultados (média de cada uma das pernas) foi considerada para fins estatísticos (15).

#### *Sit-up Dynamic Endurance Test*

Esse teste foi utilizado com o intuito medir a *endurance* da musculatura flexora do tronco e quadril. O indivíduo deitou em uma posição supinada com joelho em 90 ° de flexão, mãos tocando os ombros opostos e os cotovelos apontados para a frente (posição inicial). Foi pedido para que o avaliado realizasse flexões de quadril e tronco. Foi anotado o maior número de repetições em 90 segundos (16).

### *Testes de caráter funcional*

#### *Push up*

A *endurance* dos músculos dos membros superiores foi medida através da contagem do maior número de execução do exercício *push up*, em um período de um minuto. *Utilizou-se* o parâmetro das mãos em uma distância aproximada da largura do ombro. O apoio dos pés e joelhos foi estabelecido para homens e mulheres respectivamente (17).

#### *Sit to Stand (STS)*

O indivíduo realizou a ação de sentar e levantar de uma cadeira a 38 cm em relação ao solo. Foi considerado para fins estatístico o maior número de repetições em um período de 60 segundos (18).

#### *Functional Movement Screen*

O FMS foi aplicado como uma medida global de funcionalidade, avaliada pela capacidade do indivíduo executar sete movimentos: *Deep squat*, *Hurdle Step*, *in Line lunges*, *Active straight-leg*, *raises*, *Rotary stabilities*, *Shoulder mobility*, *Trunk-stability*. Em cada teste o avaliado obteve uma nota de 0-3, em que quanto maior a nota melhor era a execução do teste. Todas as notas foram somadas, totalizando um score máximo de 21 pontos (19).

### *Testes de Desempenho*

#### *Countermovement Maximal Vertical Jump Test (CMJ)*

No teste *CMJ* o sujeito realizou um agachamento até a angulação que lhe pareceu confortável, logo em seguida executou um salto o mais rápido e alto possível em uma plataforma de contato (Probiotics Inc., 8502 ESSLINGER. CT, HUNTSVILLE). Realizou-se três tentativas, com um período de repouso de 1 min entre elas. O salto de maior altura(h) foi considerado para análise dos dados, para tanto foi considerado o tempo de voo (tf) e o tempo de contato (tc). Os dados obtidos pela plataforma de contato foram em polegadas e esse valor foi transformado para centímetros multiplicando-o por 2,4 (20).

#### *Força Dinâmica Máxima*

A força dinâmica máxima foi testada através do teste de uma repetição máxima (1RM) em três distintos aparelhos: Supino Reto (*bench press*), *leg press*, e remada pronada (*pull row*). Foi realizado um aquecimento prévio de 15 repetições com uma carga pré estabelecida: Supino: 10 Kg para mulheres e 15 Kg para os homens; *leg press*: 150 Kg homens e 150 Kg para mulheres; Remada: 15 Kg para mulheres e 25 Kg para homens. Após um minuto desse aquecimento dinâmico, o RM foi testado. Se o avaliado realizou duas repetições máximas, de acordo com cada exercício, foi aplicado uma fórmula(21) para estabelecer seu RM. Entretanto, caso fosse realizado mais de duas repetições, o sujeito descansou dois minutos e executou-se mais uma tentativa. Em todos os exercícios foi mantido uma velocidade 2x2(22).

#### *T- Run Agility Test*

O *t- run agility test* foi aplicado com o objetivo de testar a agilidade e a velocidade. Os indivíduos correrão o mais rápido possível (9,14 m para frente) e tocaram em um cone (A), em seguida realizaram um deslocamento para a direita (cone B- 4,57 m) e logo em seguida para a esquerda (cone C- 4,57 m). Após executado o último deslocamento lateral, o indivíduo tocou novamente no cone A e correu de costa. Os indivíduos completarão uma prova prática seguida de três tentativas, em que a menor tempo foi considerado. Os tempos foram registrados por dois pares de fotocélulas (Timing System, Salt Lake City, UT)(23).

#### *Yo-Yo Test (Yo-Yo IR1)*

No *yo-yo IR1* o indivíduo realizou uma corrida de 20 metros de maneira intermitente composta por vários estágios, em que quanto maior o estágio, menor era o tempo de descanso e maior a velocidade exigida. Quando o indivíduo não foi capaz de manter a velocidade, o último estágio que conseguiu cumprir foi anotado (metros) (24)

#### *Treinamento*

Os indivíduos foram divididos em três grupos: Treinamento Funcional com Core (TFC) que realizava exercícios globais além de exercícios específicos para o core; Treinamento Funcional (TF) que executava apenas exercícios globais de

caráter funcional, e o Treinamento do Core (TC), que executava apenas exercícios específicos para o *core*. A duração da sessão de treinamento era de 50 minutos para todos os grupos, com uma frequência de três vezes por semana. Além disso, seus respectivos treinamentos eram em circuito, e a intensidade era controlada pela tabela de percepção de esforço, cuja variação era de 0 e 10, além da faixa de repetições(8-12)(25). Ademais, a densidade foi igual para os três grupos e sofreu alterações ao longo do treinamento, de forma que houvesse progressão quanto aos estímulos empregados. Com o objetivo de periodizar o treinamento, a cada quatro semanas era realizada alterações na sessão de treinamento (mesociclo), que incluía: mudança no exercício utilizado, alterações biomecânicas nos exercícios.

No início da sessão de treinamento, o grupos realizavam mobilidade articular das principais articulações do corpo, ativação do core e coordenação (*Preparação para o movimento*). Já na parte principal do treinamento, os grupos TF e TFC realizavam dois circuitos compostos por seis exercícios cada. No primeiro circuito eram realizados exercícios de agilidade, velocidade, coordenação e potência (*Neuromuscular I*), já no segundo realizou-se exercícios cuja proposta era melhorar a força muscular (*Neuromuscular II*). Em ambos os circuitos, os grupos TF e TFC realizavam os mesmos exercícios, diferenciando apenas na troca de três exercícios multiarticulares (TF) por três específicos para o *core*(TFC). Um exercício era trocado no *Neuromuscular I* e o outros dois no *Neuromuscular II*. Por fim, a sessão de treinamento era finalizada com HITT (*Cardiometabólico*). O TC realizava dois grandes circuito de exercícios voltados ao *core*, o primeiro com o objetivo de aprimorar a estabilidade e força e o segundo a *endurance*.

### **Análise estatística**

Antes e após a intervenção foi realizada uma ANCOVA 3x2 (três grupos em dois tempos), utilizado como covariável os valores de pré teste. Foi aplicado o post hoc de Bonferroni para detectar as diferenças intra e inter grupo. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Cálculo de tamanho amostral foi realizando utilizando o programa (Granmo 5.2 for Windows; IMIM, Barcelona, Spain), com 80% do poder estatístico. Este procedimento mostrou que 15 sujeitos por grupo



eram necessários para se obter um poder estatístico de 80% e um tamanho de efeito moderado ( $d > 0,4$ ). Anteriormente a realização do estudo, foi calculado a reprodutibilidade para todos os testes utilizando como amostra 30 % por cento dos sujeitos que participaram do estudo. Esses 30% eram compostos por 10% de cada grupo experimental. Essa medida foi adotada, com intuito de inviabilizar o efeito aprendido dos testes. O programa estatístico SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) foi utilizado para todas as análises.

### 6.3 RESULTADOS

Não foram encontrados nenhuma interação significativa entre efeito grupo\*tempo. Todos os grupos melhoraram em nas variáveis após a intervenção. A tabela 10 representa a características antropométricas dos grupos no momento pré. A tabela 11 apresenta os valores de média, desvio padrão, % de mudança, *effect size* e intervalo de confiança para todos os grupos (TC, TFC, TF) nos testes *sit up* e TEPU, antes e após a intervenção de 12 semanas. Esses mesmos resultados são apontados na tabela 12, para os testes: *sit to stand*, *push up*, *couter movement jump*, *t- run Agility test*, *yo-yo IR1*, *functional movement screen*.

Em relação as variáveis *endurance* do tronco (figura 1) e força dinâmica máxima (figura 2), todos os grupos melhoraram, entretanto apesar de não ter havido diferença significativa entre os grupo após a intervenção, houveram distinções em relação a magnitude de tamanho do efeito.

### 6.4 DISCUSSÃO

O principal achado do estudo é que, o treinamento específico do *core* influencia de maneira positiva não só na *performance* da zona média, como na *performance* funcional. Ademais, o treinamento funcional com ou sem a inclusão de exercícios específicos para o *core* impacta de forma positiva na performance funcional e do *core*, sendo observado uma maior magnitude de melhora quando o exercício específico para essa zona foi incluído.

O *core* compreende estruturas osteoarticulares e musculares localizadas no centro no corpo (8, 26). Para alguns autores a musculatura *core* é formada apenas pelos músculos flexores, extensores, rotadores e flexores laterais da coluna (27, 28). Em um conceito anatômico mais amplo, essa musculatura inclui os músculos que estão localizados entre a cinturas escapular e pélvica (26). Isso pode ser justificado pelo fato do alinhamento da coluna ser influenciado pelo posicionamento da pelve, e portanto, essa modula a atividade muscular do tronco (8). Ou ainda, pela sinergia muscular entre o tronco e flexores do quadril (29, 30) e músculos da cintura escapular (31). Nessa perspectiva, o presente artigo favorece a última abordagem, assim como uma recente revisão publicada por Wirth (8).

Ao nosso conhecimento, existem alguns estudos que propuseram a sistematização do treinamento do *core*, entretanto esses o fizeram em populações diferentes da analisada no presente estudo (idoso ou indivíduos com dor lombar)(9, 27, 32-36). Outrossim, a maioria não descreveram de forma sistematizada a periodização do treinamento, com variáveis que incluíssem o volume, densidade e a progressão do grau de dificuldade dos exercícios. Além disso, como uma tendência atual da comunidade científica, entendemos que a musculatura do *core*, não envolve apenas os músculos que estão localizados no esqueleto axial, como também no apendicular, onde localiza-se os músculos globais que interligam o tronco ao esqueleto apendicular, como por exemplo os illiopssoas que interliga o tronco a pelve (cintura pélvica), nesse sentido foram utilizados exercícios que melhorassem a estabilidade escapular e pélvica, assim como prévios estudos.

Thompson e colaboradores(10) que também entenderam como treinamento de estabilização, não apenas exercícios específicos para o tronco (elevação pélvica bilateral e pracha frontal e lateral), como também exercícios que envolvessem a cintura pélvica (*single leg squat*) e cintura escapular (*push up* de joelhos). Sendo assim, esse entendimento do que é *core* e de como pode ser treinamento foi utilizado em nesta intervenção, principalmente no grupo TC, em que foram realizados exercícios que não apenas contemplassem o tronco, como

também a cintura pélvica e escapular. Esse aspecto pode ter influenciado nos resultados acerca da não diferenciação desse grupo em relação aos demais.

Outro aspecto é que, na parte da sessão denominada neuromuscular I, foi executado um exercício de rotação no TFC. Esse tipo de exercício também foi incluído no circuito de força do TC. A ação de rotação foi executada no plano transversal, que é bastante utilizado em atividades da vida diária e esportiva. No exercício que envolveu a rotação, existia uma resistência a ser vencida (elástico) pelo *core* do indivíduo. O *core* precisou exercer aceleração para executar o movimento. Entretanto, após isso, o elástico exerceu uma resistência oposta ao posicionamento do tronco, desestabilizando-o no sentido da resistência. Assim, nesse momento foi necessário que o *core* exercesse uma função de estabilização. Alguns autores tem incluído esse tipo de exercício em seus protocolos de treinamento do *core* com o objetivo de melhorar a sua estabilização e aceleração (10, 11).

Em relação ao treinamento funcional ou multicomponente, no início da redação do presente artigo, destacamos que o treinamento funcional é regido pelo princípio da funcionalidade, ou seja, busca melhorar a função do indivíduo. Além do princípio da funcionalidade, existem outros dois que são pilares desse método. O primeiro é de que ele seja multicomponente, que envolva vários componentes da aptidão física (força, agilidade, coordenação, potência) em uma sessão de treinamento. Já o segundo é que os exercícios aplicados sejam multiarticulares, o que em teoria promoveriam uma maior ativação da zona média/ *core*. Nessa perspectiva, todo o treinamento funcional aqui aplicado seguiu estas premissas (1, 3).

Em relação aos resultados da *endurance* do *core*, tanto do ponto de vista estático (*Core Isometric Endurance*) quanto dinâmico (*Sit up Test*) todos os grupos melhoraram não havendo diferença entre eles. É sabido que a musculatura extensora do tronco avaliada pelo teste *Biering-Sorensen* modificado) é bastante ativada nos exercícios de agachamento. Conforte e colaboradores(6) avaliaram a atividade muscular do tronco no exercício de *superman* comparado com um *back squat*, *front squat* e *military press* (1RM) em indivíduos jovens recreacionalmente ativos. Eles reportaram que não houveram

diferenças significativa de ativação dos músculos eretores da espinha entre o *superman* e os exercícios do *back squat* e *front squat*. Já Hamlyn e colaboradores(37) encontraram diferença significativa entre o *superman* e *front squat* (seis repetições de 80% do RM) em jovens treinados, sendo que esse último ativou a musculatura extensora de forma mais significativa. Estes dois estudos nos leva a inferir que com uma carga a partir de 80% de uma repetição máxima, é possível com a utilização de um *Front Squat* uma ativação inclusive superior a um exercício específico como o *superman*, provavelmente devido ao posicionamento da carga externa na frente do tronco, o que provoca o deslocamento do centro de massa para frente, fazendo com que os paravertebrais atuem de maneira mais acentuada, fazendo com que haja um reposicionamento do troco no sentido oposto a carga (para trás). Esse achado explica a melhora do TF, mesmo sem esse ter realizado o exercício *superman*.

Já para os flexores do tronco (*flexion exercise*), de todos os três grupos, o grupo TC obteve um *effect size* (EF: 2,95) quase duas vezes maior que os outros grupos. Esse achado era esperado, visto que o TC realizou um número maior de exercícios para essa musculatura, tanto de forma dinâmica (*curl up*, *sit up* e *crush*) quanto estática (pranchas)(38). Apesar do grupo TFC (EF: 1,33) ter realizado exercícios de prancha, não realizou nenhum exercício dinâmico que passasse pelo ângulo de 60° de flexão do tronco (ângulo utilizado durante a execução do teste), o que justificaria uma magnitude de melhora inferior. Os flexores laterais do tronco (*side bridge*) obtiveram resultados semelhantes, em que todos os grupos melhoraram, entretanto o *effect size* foi duas vezes maior para os grupos TC e TFC. Isso pode ser explicado pelo fato desses grupos terem realizado durante seus respectivos protocolos de treinamento, o exercício de prancha lateral, posição essa adotada no teste *side bridge*, o que pode ter favorecido esses grupos. Apesar disso, cabe ressaltar que o TF também obteve melhora utilizando exercícios globais que também ativam a musculatura dos oblíquos, a exemplo do *push up*, em que a ação da gravidade atua sobre o tronco.

Quando o *core* foi avaliado através do teste TEPU foi possível avaliar a estabilidade do *core* em manter uma estabilidade constante ante a resistência da gravidade. Apesar de não ter havido diferença entre os grupos, cabe ressaltar

que os resultados aqui apresentados não são aplicados aos protocolos que avaliam a estabilidade sobre a perspectiva de como o *core* responde a uma carga externa conhecida, e aplicada de forma súbita(39). Nesse sentido, a melhora do grupo do TC em termos de percentual, aumentou por causa da realização de exercícios que ativaram a musculatura da cintura pélvica, seja desestabilizando, como por exemplo o *single leg squat* e o *single bridge in supine* (elevação pélvica unilateral) , ou mesmo fortalecendo músculos específicos, como é o caso do glúteo médio, por meio de exercícios como Clamshell (hip clam)(40). Somados, esses exercícios podem ter contribuído para uma melhora na estabilidade lombo pélvica.

Além disso, devido ao incremento de sobrecarga externa no TC ter ocorrido apenas no exercício de elevação pélvica, o que ocorreu no último mesociclo (outra diferenciação entre os três treinamentos), era esperado que esse grupo não tivesse melhora significativa em relação a força dinâmica máxima, entretanto não foi o que ocorreu, o grupo TC melhorou significativamente após 12 semanas de treinamento, assim como os demais grupos. O que pode ter ocorrido devido a amostra em questão ser composta por sujeitos insuficientemente ativos. Outro aspecto é que, esse grupo obteve melhoras mais expressivas em relação ao *core*, assim a sinergia muscular entre a musculatura do *core* e as extremidades pode ter melhorado, levando uma maior produção de força do centro e melhor dissipação para as extremidades.

O *sit to stand* avalia uma das tarefas funcionais mais utilizadas pelo ser humano em sua vida diária, ou seja a ação de levantar-se de um acento. Nesse teste há a participação de 39 e 79 do % MCRV dos músculos abdominais e paravertebrais respectivamente(18). Sendo assim, a melhora da resistência do tronco no grupo *core*, provavelmente justifica a melhora do grupo TC no teste *sit to stand*, mesmo não tendo realizado essa ação durante o treinamento. Entretanto, mais estudos devem ser realizados, buscando investigar a influência do *core* em ações funcionais.

No teste de *push up*, todos os grupos melhoraram. Mesmo que todos os três grupos tenham realizado o *push up* como exercício durante o treinamento, o TC começou a realizar esse exercício a partir da quinta semana, diferente dos

outros grupos, que começaram a partir da primeira e mantiveram ao longo das sessões. Durante a execução do *push up*, há a ativação não apenas nos membros superiores como também do tronco (41). Nessa perspectiva, a melhora mais acentuada da *endurance* do tronco para o grupo TC pode ter influenciado de maneira a contribuir com o movimento.

O *Functional Movement Screen* é formado por sete padrões de movimentos que objetivam avaliar de forma quali-quante como o corpo de movimenta. No geral, esses exercícios envolvem vários aspectos como a estabilidade, mobilidade, coordenação neuromuscular e força (42). Por se tratar de um teste global que avalia vários componentes não foi possível expor diferenças entre os grupos, que por sua vez melhoraram de maneira muito parecida.

Quando analisado as variáveis que envolvem a ação de correr (*t- run agility test* e *yo-yo IR1*), alguns estudos tem sido realizados, com o intuito de investigar a importância do *core* na corrida(43-45), seja de longa ou de curta distância. Apesar de apenas os grupos TF e TFC terem treinado a variável agilidade, o TC também obteve melhora. Além disso, era de se esperar que ambos os grupos TFC e TF melhorassem no *yo-yo IR1*, visto que ao final da sessão de treinamento realizavam um bloco denominado de Cardiometabólico, em que era aplicado corrida intermitente. (46) Apesar disso, o TC também obteve melhora nessa variável, mesmo que de forma inferior aos outros dois grupos.

Tanto no *t- run agility test* quanto no *yo-yo IR1*, o indivíduo tinha que realizar um Sprint. Em relação a um Sprint de 20 metros, Kubo et al.(45), avaliaram a área de secção transversa dos músculos do tronco e observaram que os músculos quadrado lombar e eretores da espinha influenciaram de maneira significativa nesse tipo de corrida. Mesmo que não tenhamos avaliado a área de secção transversa (AST), podemos inferir que ocorreu um provável aumento da AST no grupo TC, visto que o grupo melhorou a força-resistência/*endurance* (avaliado no presente estudo), que é um tipo de manifestação de força, que por sua vez é influenciada pela área de secção transversa do músculo. Entretendo essa hipótese deve ser testada em outros estudos.

Ainda em relação ao estudo de Kubo e colaboradores(45), os autores justificaram que esse comportamento da musculatura do tronco deve ser devido que os músculos abdominais e paravertebrais se ativam ao mesmo tempo no início do Sprint, o que sugere que os músculos localizados atrás do tronco estão “segurando” o deslocamento do mesmo, em virtude a esse tender a ir para trás por conta da aceleração gerada durante o Sprint. Os autores seguem ainda discutindo que, como está comprovado que o quadrado lombar se ativa em movimentos de rotação e flexão lateral do tronco, tais movimentos devem ser enfatizados em atletas de futebol. A linha argumentativa dos autores, nos levam a crer que o princípio da especificidade também é aplicado ao *core*, ou seja que essa musculatura atua de forma específica em tarefas esportivas e atividades da vida diária.

Em relação a potência de membros inferiores, representada pela capacidade de salto (avaliada através do CMJ), o TC não treinou especificamente a ação de saltar, mas assim como os outros grupos também obteve melhora. Acreditamos que os mesmos exercícios do *core* podem ter diferentes objetivos, a depender da sua alocação na sessão de treinamento. Por exemplo, Hoshikawa e colaboradores(47) compararam seis meses da inclusão de cinco exercícios do *core*, (o qual os autores denominaram de treinamento de estabilização) que foram realizados ao final das sessões de treinamento específico para jogadores de futebol. Esse grupo foi comparado com outro que não realizou o treinamento de estabilização e, apesar de ambos melhorarem em relação a área de secção transversa dos músculos do tronco, não houve diferença significativa entre eles. Entretanto, diferente de nós, esses autores não realizaram nenhuma progressão desse treinamento de estabilização ao longo de seis meses, o que inclui número de séries, repetições, tempo de execução e nível de dificuldade de execução dos exercícios. Os autores justificaram a falta de progressão, pelo fato dos exercícios para o *core* terem sido executados antes da sessão do treinamento específico para futebol. Nesse sentido, segundo os autores, a progressão não foi realizada, para evitar uma fadiga muscular previa, que possivelmente pudesse influenciar no rendimento do treinamento específico voltado ao futebol. Dessa maneira, essa falta de progressão pode ter influenciado na não diferenciação entre os grupos no que cerne a área de secção transversa dos músculos do tronco. Cabe ressaltar

que, mesmo não havendo progressões, a adição desse treinamento composto de apenas cinco exercícios, foi capaz de promover um maior torque de extensão do quadril e capacidade de salto (avaliado através do CMJ e SJ). Nessa perspectiva, no presente estudo, o grupo que treinou especificamente o *core* o fez de maneira periodizada, o que pode ter provocado uma melhora no torque da extensão do quadril e consequentemente na capacidade de salto.

Também em relação a capacidade de salto, Imai et al.(48) verificaram o efeito agudo da utilização exercícios do *core* e constatou que esses influenciam na melhora sobre a capacidade de salto. Sendo assim, tanto de forma aguda quanto longitudinal, a utilização de exercícios específicos do *core* influenciam na capacidade de salto. Ademais, parece que, a alocação dos exercícios do *core* no início, ou no fim da sessão de treinamento pode ter objetivos diferentes e devem ser aplicados com intensidades diferentes. No início da sessão com o objetivo de promover uma pré ativação muscular e com isso potencializar o desempenho durante o treino. E após ou inserido na sessão de treinamento com o objetivo de ganhos de força/ resistência muscular do *core*. Outrossim, o presente estudo, utilizou exercidos específicos do tronco no início da sessão no treinamento para os três grupos (Preparação para o movimento), e diferenciou a utilização desses exercícios durante, ou seja, ao percorrer das respectivas sessões de treinamento, avaliando os possíveis efeitos dessas alterações ao longo de 12 semanas de intervenção.

Por fim, apesar de todos os grupos melhorarem significativamente ao longo do tempo, não foram encontradas diferenças entre eles. Isso pode ser devido a dois aspectos, o primeiro é que, o TF também utilizou a respiração do tipo *bracing*, o que ao longo do tempo pode ter ocasionado o treinamento do *core* nesse grupo. Além disso, no início da sessão do TF também realizou três exercícios para o *core* (Prancha frontal, elevação pélvica e prancha lateral) com o intuito de gerar uma pré ativação dessa musculatura para a parte principal da sessão (neuromuscular I e neuromuscular II). Ou seja, a diferenciação entre os dois grupos (TF e TFC) ocorreu apenas no neuromuscular I (com um exercício de rotação) e neuromuscular II (com dois exercícios). Talvez essa pouca



diferenciação tenha sido insuficiente para verificar diferença significativa no efeito Grupo\*Tempo.

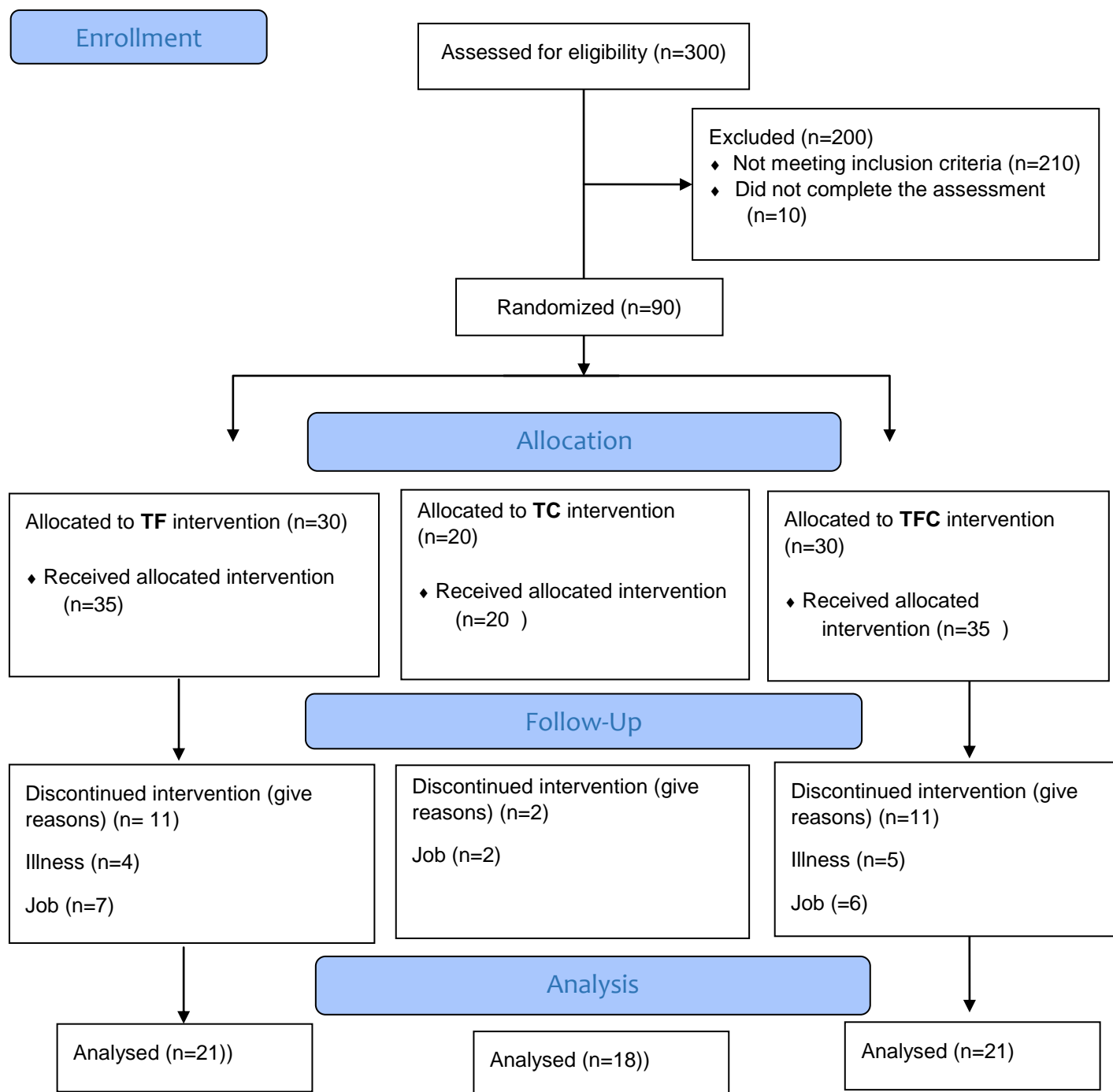
Assim 12 semanas de treinamento funcional, ocorre melhoras na *performance* do *core* e funcional, com ou sem a inclusão de exercícios específicos para o *core*. Além disso, o treinamento específico para o *core* gera aumentos tanto sobre a *performance* funcional quanto do *core*.

## 6.5 CONCLUSÃO

Após 12 semanas de treinamento, tanto o treinamento funcional quanto do *core* são eficientes para gerar adaptações positivas na *performance* funcional e do *core*. Para tanto, não se faz necessário a inclusão de exercícios específicos do *core* no treinamento funcional.

## 6.7 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Estes achados sugerem que indivíduos com baixo nível de condicionamento físico podem iniciar um processo de treinamento utilizando o treinamento específico do *core*, isso irá garantir melhoras substanciais na *performance* funcional e do *core*. É de suma importância que os treinadores tenham em conta que o treinamento do *core* deve ser composto por exercícios que contemplem a musculatura do esqueleto axial, bem como que proporcione estabilidade a cintura pélvica e escapular. Além disso, que contenha desafios do ponto de vista de controle muscular, *endurance* e força do *core*.



**Figura 3.** Diagrama de fluxo da participação do sujeito em todas as fases do estudo.

**Tabela 10.** Caracterização antropométrica da amostra no momento Pré

Variável	Grupos De Intervenção		
	TC n = (18)	TFC = (21)	TF = (21)
<b>Idade (anos)</b>	25,3 ± 7,7	24,7 ± 5,5	27,5 ± 6,6
<b>Peso (kg)</b>	66,6 ± 11,6	69,7 ± 12,4	69,2 ± 11,6
<b>Estatura (cm)</b>	1,64 ± 0,1	170 ± 0,01	164 ± 0,07
<b>IMC (kg/m²)</b>	24,1 ± 3,8	23,9 ± 3,3	25,3 ± 3,7

**TC:** Grupo Controle; **TFC:** Grupo Treinamento Funcional Core; **TF:** Grupo Treinamento funcional

**Tabela 11.** Comparação de média entre os grupos, nos distintos momentos de avaliação para as variáveis de *performance* do *core*. **ES:** *Effect Size* **IC:** 95% do intervalo de confiança; **Δ%:** Percentual de mudança de pré para pós para cada grupo. **TEPU:** Teste de elevação pélvica unilateral.

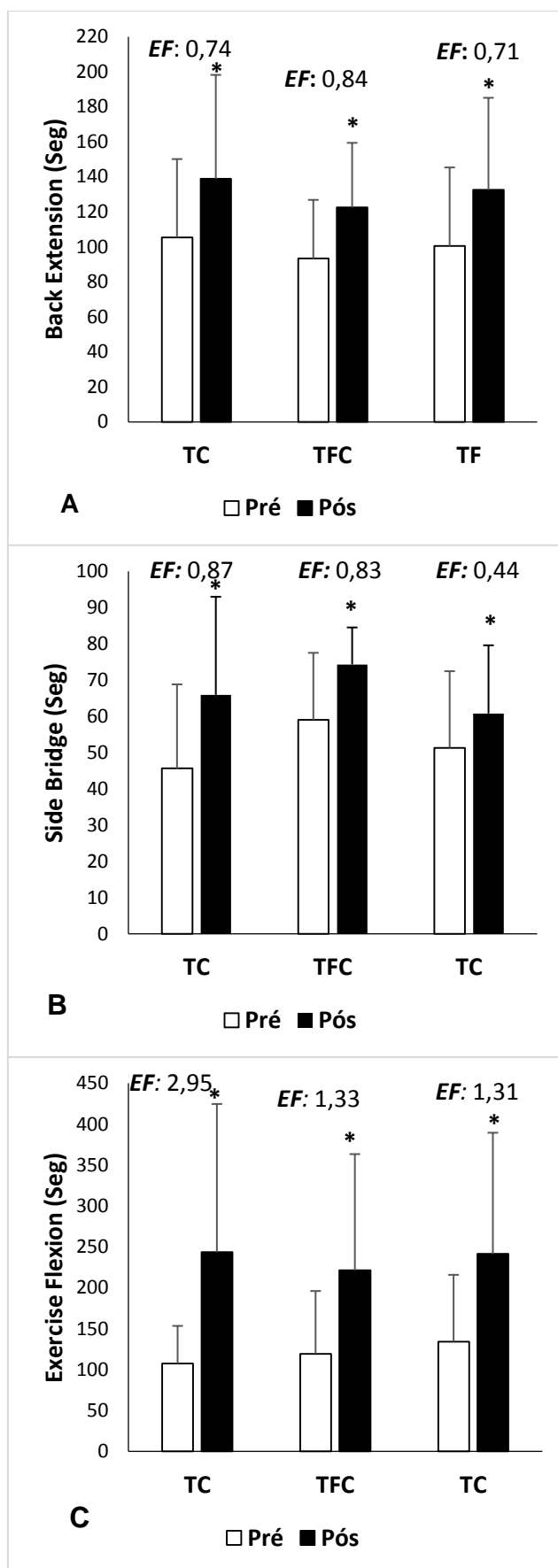
Variável	Grupo	Pré	Pós	%Δ	ES	IC	P
<b>Sit up (s)</b>	TC	23,44 ± 10,18	36,33 ± 10,36	55%	1,27	9,14-15,63	≤0,01
	TFC	29,35 ± 7,20	39,35 ± 7,56	34%	1,39	7,71- 13,98	≤0,01
	TF	24,00 ± 10,83	36,43 ± 11,56	52%	1,15	9,05-15,05	≤0,01
<b>TEPU (s)</b>	TC	50,83 ± 27,65	86,08 ± 65,12	69%	1,27	21,42-47,79	≤0,01
	TFC	51,8 8 ±18,93	68,85 ± 23,65	33%	0,91	3,63-28,08	≤0,01
	TF	45,76 ± 16,25	71,78 ± 26,60	57%	1,60	15,42-39,95	≤0,01

**TC:** Grupo Controle; **TFC:** Grupo Treinamento Funcional Core; **TF:** Grupo Treinamento funcional

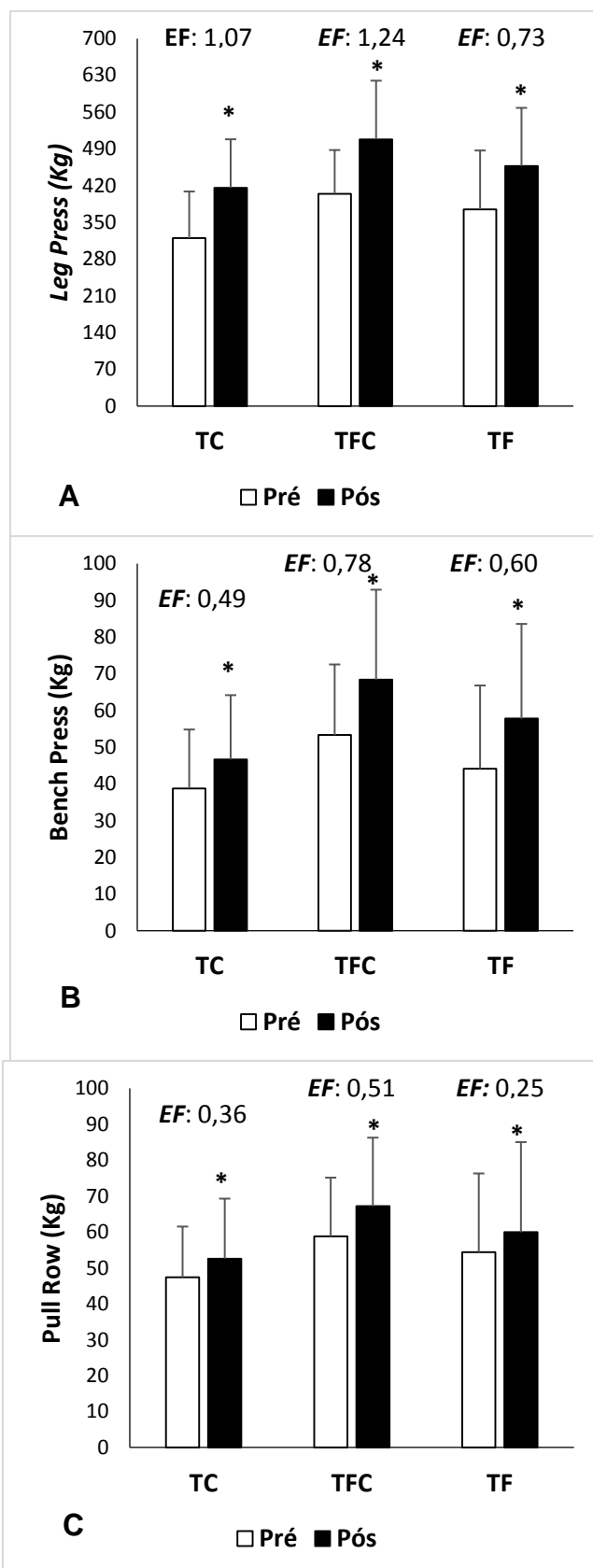
**Tabela 12.** Comparação de média entre os grupos, nos distintos momentos de avaliação para as variáveis de *performance* funcional. **ES:** *Effect Size* **IC:** 95% do intervalo de confiança; **Δ%:** Percentual de mudança de pré para pós para cada grupo. **FMS:** Functional Movement Screen. \*Diferença significativa em relação entre os grupos.

Variável	Grupo	Pré	Pós	%Δ	ES	IC	P
<b>Sit to Stand (reps)</b>	TC	36,33 ± 10,3	50,67 ± 9,13	39%	1,39	8,13-16,36	≤0,01
	TFC	44,67 ± 6,61	53,71 ± 8,46	20%	1,37	7,15-14,75	≤0,01
	TF	40,43 ± 8,49	51,24 ± 10,49	27%	1,27	7,02-14,34	≤0,01
<b>Flexão/ Push up (reps)</b>	TC	13,33 ± 8,65	26,00 ± 6,67	95,0%	1,46	8,94-13,75	≤0,01
	TFC	20,67 ± 10,49	30,10 ± 7,94	46,0%	0,89	8,22-12,63	≤0,01
	TF	17,9 ± 9,88	28,19 ± 9,51	57,0%	1,04	8,24-12,57	≤0,01
<b>CMJ (cm)</b>	TC	31,25 ± 5,10	35,13 ± 4,03	12,4%	0,76	2,51-4,63	≤0,01
	TFC	37,71 ± 5,34	40,81 ± 6,09	8,2%	0,58	2,50-4,39	≤0,01
	TF	32,95 ± 9,36	35,43 ± 8,47	7,5%	0,26	1,43-3,25	≤0,01
<b>T- Run Agility Test (s)</b>	TC	14,07 ± 1,54	13,22 ± 1,46	6,4%	0,55	0,24-0,87	≤0,01
	TFC	12,23 ± 1,04	11,52 ± 0,87	6,2%	0,62	0,64-1,21	≤0,01
	TF	12,89 ± 1,44	12,26 ± 1,09	5,1%	0,44	0,38-0,94	≤0,01
<b>Yo-Yo IR1 (m)</b>	TC	193,33 ± 106,97	260,00 ± 92,2	34,5%	0,62	21,19-130,94	0,07
	TFC	369,52 ± 190,53	521,43 ± 285,87	41,1%	0,80	90,84-193,39	≤0,01
	TF	262,11 ± 191,11	368,42 ± 244,61	47,76%	0,56	56,64-159,81	≤0,01
<b>FMS (score)</b>	TC	12,72 ± 1,60	14,50 ± 1,79	13,99%	1,11	1,04- 2,19	≤0,01
	TFC	13,57 ± 2,11	15,52 ± 1,75	14,37%	0,92	1,57-2,57	≤0,01
	TF	13,10 ± 1,75	14,48 ± 1,43	10,53%	0,79	0,83-1,88	≤0,01

**TC:** Grupo Controle; **TFC:** Grupo Treinamento Funcional Core; **TF:** Grupo Treinamento funcional



**Gráfico 1.** Diferença entre as médias dos resultados pré e pós. **A)** *Endurance* isométrica da musculatura extensora do tronco; **B)** *Endurance* isométrica da musculatura lateral do tronco; **C)** *Endurance* isométrica da musculatura flexora do tronco. \* Diferença significativa intra grupo  $p \leq 0,01$ . **EF:** *Effect Size*. **TC:** Treinamento do Core; **TFC:** Treinamento Funcional com core; **TF:** Treinamento Funcional.



**Gráfico 2.** Diferença entre as médias dos resultados pré e pós para os grupos submetidos a intervenção, a variável força máxima: **A)** *leg press*; **B)** *bench press*; **C)** *pull row*. \* Diferença significativa intra grupo  $p \leq 0,01$ ; **EF:** *Effect Size*. **TC:** Treinamento do Core; **TFC:** Treinamento Funcional com core; **TF:** Treinamento Funcional.

## 6.8 REFERÊNCIAS

1. Da Silva Grigoletto ME, Brito CJ, Heredia JR. Functional training: functional for what and for whom? *Revista Brasileira de Cineantropometria e desenvolvimento humano*. 2014;16(6):714-19.
2. Da Silva-Grigoletto ME, Brito CJ, Heredia JR. Treinamento funcional: funcional para que e para quem? *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desenvolvimento Humano*. 2014;16(6):714-9.
3. La Scala Teixeira CV, Evangelista AL, Novaes JS, Da Silva Grigoletto ME, Behm DG. "You're Only as Strong as Your Weakest Link": A Current Opinion about the Concepts and Characteristics of Functional Training. *Front Physiol*. 2017;8:643.
4. Distefano LJ, Distefano MJ, Frank BS, Clark MA, Padua DA. Comparison of integrated and isolated training on performance measures and neuromuscular control. *J Strength Cond Res*. 2013;27(4):1083-90.
5. Pacheco MM, Teixeira LA, Franchini E, Takito MY. Functional vs. Strength training in adults: specific needs define the best intervention. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8(1):34-43.
6. Comfort P, Pearson SJ, Mather D. An electromyographical comparison of trunk muscle activity during isometric trunk and dynamic strengthening exercises. *Journal of strength and conditioning research*. 2011;25(1):149-54.
7. Stastny P, Lehnert M, Zaatar AM, Svoboda Z, Xaverova Z. Does the Dumbbell-Carrying Position Change the Muscle Activity in Split Squats and Walking Lunges? *J Strength Cond Res*. 2015;29(11):3177-87.
8. Wirth K, Hartmann H, Mickel C, Szilvas E, Keiner M, Sander A. Core Stability in Athletes: A Critical Analysis of Current Guidelines. *Sports Med*. 2017;47(3):401-14.
9. Sato K, Mokha M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):133-40.
10. Thompson CJ, Cobb KM, Blackwell J. Functional training improves club head speed and functional fitness in older golfers. *J Strength Cond Res*. 2007;21(1):131-7.
11. Lee BC, McGill SM. Effect of long-term isometric training on core/torso stiffness. *J Strength Cond Res*. 2015;29(6):1515-26.
12. Lee PH, Macfarlane DJ, Lam TH, Stewart SM. Validity of the International Physical Activity Questionnaire Short Form (IPAQ-SF): a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2011;8:115.
13. Santos MS, Vera-Garcia FJ, Da LM, Chaves S, Brandão LHA, et al. Does core exercises important to functional training protocols? *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2017.



14. McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(8):941-4.
15. Butowicz CM, Ebaugh DD, Noehren B, Silfies SP. VALIDATION OF TWO CLINICAL MEASURES OF CORE STABILITY. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(1):15-23.
16. Bianco A, Lupo C, Alesi M, Spina S, Raccuglia M, Thomas E, et al. The sit up test to exhaustion as a test for muscular endurance evaluation. *Springerplus.* 2015;4:309.
17. Crotti M, Bosio A, Invernizzi PL. Validity and reliability of submaximal fitness tests based on perceptual variables. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017.
18. Roldan-Jimenez C, Bennett P, Cuesta-Vargas AI. Muscular Activity and Fatigue in Lower-Limb and Trunk Muscles during Different Sit-To-Stand Tests. *PLoS One.* 2015;10(10):e0141675.
19. Gnacinski SL, Cornell DJ, Meyer BB, Arvinen-Barrow M, Earl-Boehm JE. Functional Movement Screen Factorial Validity and Measurement Invariance Across Sex Among Collegiate Student-Athletes. *J Strength Cond Res.* 2016;30(12):3388-95.
20. Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3):551-5.
21. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of Strength Training and Conditioning.* 3 ed 2008.
22. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):674-88.
23. Kainoa P, Kent M, Garhammer J, Lacourse M, Rozenek R. Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women 2000. p. 443–50.
24. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.* 2008;38(1):37-51.
25. Reed JL, Pipe AL. Practical Approaches to Prescribing Physical Activity and Monitoring Exercise Intensity. *Can J Cardiol.* 2016;32(4):514-22.
26. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med.* 2006;36(3):189-98.
27. Jamison ST, McNeilan RJ, Young GS, Givens DL, Best TM, Chaudhari AM. Randomized controlled trial of the effects of a trunk stabilization program on trunk control and knee loading. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(10):1924-34.
28. Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2005;13(5):316-25.

29. Chan MK, Chow KW, Lai AY, Mak NK, Sze JC, Tsang SM. The effects of therapeutic hip exercise with abdominal core activation on recruitment of the hip muscles. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017;18(1):313.
30. Frank B, Bell DR, Norcross MF, Blackburn JT, Goerger BM, Padua DA. Trunk and hip biomechanics influence anterior cruciate loading mechanisms in physically active participants. *Am J Sports Med*. 2013;41(11):2676-83.
31. Vega Toro AS, Cools AM, de Oliveira AS. Instruction and feedback for conscious contraction of the abdominal muscles increases the scapular muscles activation during shoulder exercises. *Man Ther*. 2016;25:11-8.
32. Araujo S, Cohen D, Hayes L. Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: a pilot study. *J Hum Kinet*. 2015;45:27-37.
33. Arnold C, Lanovaz J, Oates A, Craven B, Butcher S. The effect of adding core stability training to a standard balance exercise program on sit to stand performance in older adults: a pilot study. *J Aging Phys Act*. 2015;23(1):95-102.
34. Hoppes CW, Sperier AD, Hopkins CF, Griffiths BD, Principe MF, Schnall BL, et al. The Efficacy of an Eight-Week Core Stabilization Program on Core Muscle Function and Endurance: A Randomized Trial. *Int J Sports Phys Ther*. 2016;11(4):507-19.
35. Prieske O, Muehlbauer T, Borde R, Gube M, Bruhn S, Behm DG, et al. Neuromuscular and athletic performance following core strength training in elite youth soccer: Role of instability. *Scand J Med Sci Sports*. 2016;26(1):48-56.
36. Weston M, Hibbs AE, Thompson KG, Spears IR. Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(2):204-10.
37. Hamlyn N, Behm DG, Young WB. Trunk muscle activation during dynamic weight-training exercises and isometric instability activities. *Journal of strength and conditioning research*. 2007;21(4):1108-12.
38. Learman K, Pintar J, Ellis A. The effect of abdominal strength or endurance exercises on abdominal peak torque and endurance field tests of healthy participants: A randomized controlled trial. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*. 2015;16(2):140-7.
39. Barbado D, Barbado LC, Elvira JLL, Dieen JHV, Vera-Garcia FJ. Sports-related testing protocols are required to reveal trunk stability adaptations in high-level athletes. *Gait Posture*. 2016;49:90-6.
40. Boren K, Conrey C, Le Coguic J, Paprocki L, Voight M, Robinson TK. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(3):206-23.
41. Garcia-Masso X, Colado JC, Gonzalez LM, Salva P, Alves J, Tella V, et al. Myoelectric activation and kinetics of different plyometric push-up exercises. *J Strength Cond Res*. 2011;25(7):2040-7.

42. Okada T, Huxel KC, Nesser TW. Relationship between core stability, functional movement, and performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):252-61.
43. Tong TK, Wu S, Nie J, Baker JS, Lin H. The occurrence of core muscle fatigue during high-intensity running exercise and its limitation to performance: the role of respiratory work. *J Sports Sci Med.* 2014;13(2):244-51.
44. Tong TK, McConnell AK, Lin H, Nie J, Zhang H, Wang J. "Functional" Inspiratory and Core Muscle Training Enhances Running Performance and Economy. *J Strength Cond Res.* 2016;30(10):2942-51.
45. Kubo T, Hoshikawa Y, Muramatsu M, Iida T, Komori S, Shibukawa K, et al. Contribution of trunk muscularity on sprint run. *Int J Sports Med.* 2011;32(3):223-8.
46. MacInnis MJ, Gibala MJ. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of physiology.* 2017;595(9):2915-30.
47. Hoshikawa Y, Iida T, Muramatsu M, Li N, Nakajima Y, Chumank K, et al. Effects of stabilization training on trunk muscularity and physical performances in youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research.* 2013;27(11):3142-9.
48. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiraki H. Effects of two types of trunk exercises on balance and athletic performance in youth soccer players. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):47-57.

## 7. CONCLUSÃO GERAL

Assim, conclui-se que a *endurance* do *core* é importante para a funcionalidade de jovens adultos e que, quando incluído exercícios específicos para o *core* no treinamento funcional, os ganhos referentes à *performance* funcional e do *core* são potencializados.